GRUNDZÜGE DER ALLGEMEINEN ZOOLOGIE

Carl Friedrich Wilhelm Claus



ALLGEMEINE ZOOLOGIE.

GRUNDZÜGE

DER

ALLGEMEINEN ZOOLOGIE.

VON

DR. CARL CLAUS,

O. Ö. PROFESSOR DER ZOOLOGIE UND VERGLEICHENDEN ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT WIEN.
DIRECTOR DER ZOOLOGISCHEN STATION IN TRIEST.

MARBURG.

N. G. ELWERT'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG.

1878.



Vorwort.

Bei Bearbeitung einer neuen Auflage meiner »Grundzüge der Zoologie« war mir Angesichts der ausserordentlichen Fortschritte, durch welche besonders der anatomische und entwicklungsgeschichtliche Theil unserer Wissenschaft bereichert und umgestaltet wurde, die Nothwendigkeit klar geworden, dem Lehrbuche auch dem Umfang nach eine veränderte Gestalt zu geben. Ich war vor die Alternative gestellt, entweder durch eine viel allgemeiner gehaltene, ausschliesslich dem Bedürfnisse der ersten Orientirung angepassten Behandlung des Stoffes eine merkliche Reduktion des Umfangs zu erzielen und damit das Buch zu einem exclusiv elementaren Hülfsmittel herabzusetzen oder unter möglichst vollständiger Berücksichtigung der neusten Fortschritte im Anschluss an die seitherige Behandlungsweise den Anforderungen einer wissenschaftlichen Bearbeitung Rechnung zu tragen, um nach wie vor dem angehenden Naturforscher und Zoologen eine Grundlage zum wissenschaftlichen Studium vorlegen zu können. Wenn ich mich zu der letztern Form entschlossen habe, so hat mich hierzu in erster Linie die erfreuliche Erfahrung bestimmt, die letzten Auflagen meines Buches in der Hand so zahlreicher junger Gelehrten als Orientirungsmittel benutzt und verwerthet zu finden, denen auch für die Zukunft ein ähnliches, wenn auch zwei Bände fassendes Werk nicht minder erwünscht sein dürfte.

Indessen galt es nunmehr einem andern Bedürfniss, welchem durch die frühere, insbesondere die erste Auflage meines Lehrbuches einigermassen entsprochen wurde, dem der ersten Einführung der Medicin-Studirenden in die zoologische Wissenschaft, abzuhelfen. Zu diesem Zwecke erscheint eine ungleich verkürzte, möglichst allgemein

gehaltene Behandlung um so nothwendiger, als die Heilkunst überall — seit Decennien schon in Deutschland und nunmehr auch in Oestreich — eifrig bemüht ist, aus den naturwissenschaftlichen Vorstudien ihrer Jünger die Zoologie am liebsten vollständig zu beseitigen.

Einem solchen den Gesichtspuncten der Fachschule entsprungenen Streben gegenüber erscheint es für den Zoologen um so mehr geboten, in seinen für Mediciner bestimmten Vorträgen, das Detail von Systemen, Namen und Formen möglichst zu beschränken und statt dessen die allgemeinen Lehren der Zoologie, die für Anatomie und Physiologie so bedeutungsvoll geworden sind, dass sie geradezu für eine *breitere comparative Grundlage* dieser Wissenschaften unentbehrlich geworden sind, in den Vordergrund zu stellen.

Dem entsprechend habe ich mich entschlossen, den allgemeinen Theil meines Lehrbuches zugleich selbstständig zu veröffentlichen, um denselben als Leitfaden zur Orientirung in diesen wichtigen Lehren den Medicin-Studirenden und überhaupt einem grössern Publicum zugänglich zu machen.

Wien, Anfang Mai 1878.

Der Verfasser.

Inhaltsübersicht.

Allgemeiner Theil.

Organische und anorganische Naturkörper.

In der Welt, welche sich unsern Sinnen offenbart, macht man die erste und allgemeinste Unterscheidung in organische, lebende und in anorganische, leblose Körper. Die erstern, die Thiere und Pflanzen, erscheinen in Zuständen der Bewegung, sie erhalten sich unter mannichfachen Veränderungen ihrer gesammten Erscheinung und ihrer Theile, unter stetem Wechsel der sie zusammensetzenden Stoffe. Die anorganischen Körper dagegen befinden sich in einem Zustande beharrlicher Ruhe, zwar nicht nothwendig starr und unveränderlich, aber *ohne jene Selbständigkeit der Bewegung, welche sich im Stoffwechsel offenbart.* Dort erkennen wir eine Organisation, eine Zusammensetzung aus ungleichartigen Theilen (Organen), in denen die Stoffe in flüssiger und gelöster Form wirksam sind, hier beobachten wir eine mehr gleichartige, wenn auch nach Lage und Verbindungsweise der Moleküle nicht immer homogene (Blätterdurchgänge der Krystalle) Masse, deren Theile so lange in ruhendem Gleichgewichte ihrer Kräfte beharren, als die Einheit des Ganzen ungestört bleibt. Mit anderen Worten, im Krystalle befindet sich die Materie im stabilen Gleichgewicht, während sich durch das organische Wesen ein Strom von Materie ergiesst (Bauwerk — Fabrik).

Zwar sind auch die Eigenschaften und Veränderungen der lebenden Körper den chemisch-physikalischen Gesetzen der Materie streng unterworfen, und man weist diese Abhängigkeit mit dem Fortschritte der Wissenschaft immer eingehender und schärfer nach, allein es müssen doch mindestens eigenthümliche, ihrer Natur nach unbekannte, materielle Anordnungen und besondere in ihrem Wesen unerklärte Bedingungen für den Organismus zugestanden werden. Diese Bedingungen, welche man als *vitale* bezeichnen kann, ohne desshalb ihre Abhängigkeit von materiellen Vorgängen in Frage zu stellen, unterscheiden eben den Organismus von jedem todten Körper und beziehen

sich 1) auf die Art der Entstehung; 2) auf die Art der Erhaltung; 3) auf die Form und Struktur des Organismus.

Die Entstehung lebender Körper kann nicht durch physikalisch-chemische Agentien aus einer bestimmten chemischen Mischung unter bestimmten Bedingungen der Wärme, des Druckes, der Electricität etc. veranlasst werden, sie setzt vielmehr erfahrungsmässig die Existenz gleichartiger oder mindestens sehr ähnlicher Wesen voraus, aus denen sie auf dem Wege der elterlichen Zeugung erfolgt. Eine selbständige, elternlose Zeugung (*generatio aequivoca,* Urzeugung) liegt zwar nicht im Bereich der Unmöglichkeit, scheint aber bei dem Stande unserer Erfahrungen selbst für die einfachsten und niedersten Lebensformen als gegenwärtig wirksam in Abrede gestellt werden zu müssen, wenngleich in der jüngsten Zeit einzelne Forscher (Pouchet) durch Resultate bemerkenswerther aber zweideutiger Versuche zu der entgegengesetzten Ansicht geführt worden sind. Die Existenz der *generatio aequivoca* würde unserm Streben der physikalisch-chemischen Erklärung einen sehr wichtigen Dienst leisten, *sie erscheint sogar als nothwendiges Postulat, um das erste Auftreten der Organismen zu erklären.*

Das zweite und wichtigste Merkmal des Organismus, an welches sich die Erhaltung alles Lebens knüpft, ist der beständige Verbrauch und Ersatz der den Leib zusammensetzenden Materie, *der Stoffwechsel.* Jede Wachsthumserscheinung setzt Aufnahme und Veränderung materieller Bestandtheile voraus; jede Bewegung, Absonderung und Lebensäusserung beruht auf Umsatz von Stoffen, auf Zerstörung und Neubildung chemischer Verbindungen. An die wechselnde Zerstörung und Erneuerung der Stoffverbindungen knüpfen sich *Nahrungsaufnahme und Ausscheidung* als nothwendige Eigenschaften des Lebendigen.

Vornehmlich sind es die (wegen ihres Vorkommens im Organismus so genannten) *organischen* Substanzen, die ternären und quaternären zusammengesetzten *Kohlenstoff*-Verbindungen (jene aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff, diese ausser den drei Stoffen noch aus Stickstoff gebildet), und unter den letztern wiederum die *Eiweisskörper* (Schwefel, Phosphor), welche im Stoffwechsel einen Umsatz erleiden und entweder (Thier) unter dem Einflusse der Oxydation in Substanzen einfacherer Zusammensetzung gespalten oder (Pflanze) erst durch Substitution aus einfachern und in letzter Instanz anorganischen Substanzen aufgebaut werden. Wie aber die allgemeinen Grundeigenschaften (Elasticität, Schwere, Porosität) des Organismus mit denen der anorganischen Körper so durchaus übereinstimmen, dass es möglich wurde, eine allgemeine Theorie von der Constitution der Materie auszubilden, so finden sich auch sämmtliche der Qualität nach unterschiedenen, chemisch nicht weiter zerlegbaren Grundstoffe oder Elemente der organischen Materie in der anorganischen Natur wieder. Ein dem Organismus eigenthümliches Element, ein *Lebensstoff*, existirt eben so wenig als eine ausserhalb der natürlichen und materiellen Vorgänge wirksame *Lebenskraft.* Auch mit Rücksicht auf die Gesetze der Atomgruppirung *hat man irrthümlich organische und anorganische Stoffe in scharfem Gegensatz aufgefasst* und mit noch grösserm Unrecht jene weit zusammengesetzteren Kohlenstoffverbindungen lediglich als Producte des

Organismus betrachtet. Nun aber hat es sich längst gezeigt, dass beide nicht nur auf dieselben Gesetze der Atomlagerung und Constitution zurückzuführen sind, sondern dass auch die ersteren in nicht geringer Zahl (Harnstoff, Weingeist, Essig, Zucker) künstlich aus ihren Elementen durch Synthese hergestellt werden können. Diese Thatsachen weisen auf die Wahrscheinlichkeit der synthetischen Gewinnung aller organischen Verbindungen und selbst der Eiweisskörper hin und gestatten den Schluss, dass bei der Entstehung organischer Substanzen dieselbe Grundkraft wirksam ist, welche für die Bildung der anorganischen Körper massgebend ist. Immerhin wird man auf die Eigenschaften der Stoffverbindungen, auf die complicirte molekulare Anordnung der lebendigen Materie — nicht aber auf eine mystische Lebenskraft — die dem Organismus eigenthümlichen Funktionen: Stoffwechsel, Bewegung und Wachsthum, zurückzuführen haben. Aber freilich kann diese wichtige Eigenschaft des Lebendigen, der Stoffwechsel, unter gewissen Bedingungen, ohne dass der Organismus die Fähigkeit des Lebens einbüsst, zeitweilig unterdrückt und aufgehoben werden. Durch Entziehung von Wasser oder auch Wärme wird es für eine Reihe niederer Organismen und deren Keime möglich, den Lebensprocess Monate und Jahre lang zu unterbrechen und dann durch Zufuhr von Wasser beziehungsweise Wärme die scheinbar leblosen, lebensfähig gebliebenen Körper wieder ins Leben zurückzurufen (Eier von *Apus*, *Ostracoden*, *Anguillula tritici*, *Rotiferen* — Frösche, Wasserinsekten, Pflanzensamen).

Sodann spricht sich die Eigenthümlichkeit des lebenden Körpers in seiner gesammten Form und in der Zusammenfügung seiner Theile — *Organisation* — aus. Die Gestalt des anorganischen Individuums, des *Krystalles*, ist von geraden unter bestimmten Winkeln zusammen tretenden Linien (Kanten, Ecken) und ebenen, selten sphärischen, mathematisch bestimmbaren Flächen umgrenzt und in dieser Form unveränderlich, die des Organismus[1]) dagegen in Folge des festweichen Aggregatszustandes minder scharf bestimmbar und innerhalb gewisser Grenzen veränderlich. Das Leben äussert sich eben als eine zusammenhängende Reihe wandelbarer Zustände auch in der gesammten Erscheinung; den Bewegungen des Stoffes geht Wachsthum und Formveränderung parallel. Es beginnt der Organismus — wie man im Allgemeinen behaupten darf — als einfache Zelle und entwickelt sich von dieser Anlage im Eie oder Keime unter allmählig fortschreitenden Differenzirungen und Umgestaltungen seiner Theile bis zu einem bestimmten Höhepunkt mit der Fähigkeit der Fortpflanzung, um zuletzt mit dem Untergange als lebendiger Körper in seine Elementartheile zu zerfallen. Daher besitzt auch die Masse des organischen Leibes eine mehr oder minder fest-flüssige quellungsfähige Beschaffenheit, welche sowohl für die chemischen Umsetzungen der Stoffverbindungen (*corpora non agunt nisi soluta*), als für die Umgestaltungen der gesammten Form nothwendig erscheint, sie ist

1) Die Thatsache, dass es eine Menge von festen Absonderungsproducten im Organismus gibt (Schalen, Gehäuse), deren Form sich mathematisch bestimmen lässt, hebt natürlich diesen Unterschied nicht auf.

nicht homogen und gleichartig, sondern aus festen, fest-weichen und flüssigen Theilen gebildet, welche sich als Zusammenfügungen eigenthümlich gestalteter Elemente darstellen. — Der Krystall zeigt zwar bei einer Zusammensetzung seiner Moleküle aus gleichartigen Atomgruppen eine nach den Richtungen des Raumes ungleiche Lagerung derselben (Blätterdurchgänge) und demgemäss eine ungleichmässige Struktur, besitzt aber keine verschiedenartigen einander untergeordneten Einheiten, welche *wie die Organe des lebendigen Körpers als Werkzeuge verschiedener Leistungen* erscheinen. Die *Organe* erweisen sich wiederum ihrem feinern Baue nach aus verschiedenen Theilen, Geweben (oder Organen niederer Ordnung) gebildet, welchen als letzte Einheit die *Zelle* zu Grunde liegt. Diese aber steht ihren Eigenschaften nach in direktem Gegensatz zum Krystall und vereinigt in sich bereits die Eigenschaften des lebendigen Organismus. Dieselbe [1]) ist *ein Klümpchen einer weichflüssigen eiweisshaltigen Substanz (Protoplasma), in der Regel mit eingeschlossener fester oder bläschenförmiger Differenzirung, dem Kern,* häufig mit einer peripherischen strukturlosen Membran.

In dieser organischen Grundform, aus welcher sich alle Gewebe und Organe des Thieres und der Pflanze aufbauen, liegen bereits alle Charaktere des Organismus ausgesprochen, die Zelle ist daher in gewissem Sinne die erste Form des Organismus und selbst der einfachste Organismus. Während ihr Ursprung bereits auf vorhandene gleichartige Zellen hinweist, wird ihre Erhaltung durch den Stoffwechsel ermöglicht. Die Zelle hat ihre Ernährung und Ausscheidung, ihr Wachsthum, ihre Bewegung, Formveränderung und Fortpflanzung. Unter Betheiligung des Zellkernes erzeugt sie durch Theilung oder endogene Bildung von Tochterzellen neue Einheiten ihrer Art und liefert das sich organisirende Material zum Aufbau der Gewebe, zur Bildung, Vergrösserung und Veränderung des Leibes. *Mit Recht erkennt man daher in der Zelle die besondere Form des Lebens und das Leben in der Thätigkeit der Zelle.*

Man wird diese Auffassung von der Bedeutung der Zelle als Criterium der Organisation und als einfachste Grundform des Lebens nicht etwa durch die Thatsache bekämpfen können, dass der Kern in vielen Fällen fehlt (Pilzzellen, Furchungskugeln, Psorospermienbildende Gregarinen) und dass es homogene, unter den stärksten Vergrösserungen strukturlos erscheinende Körper gibt (E. Haeckel's *Moneren*), welche ihren Lebensäusserungen nach

1) Nach Schwann und dessen Anhänger bestand die Zelle 1) aus einer Zellmembran; 2) einem mehr oder minder flüssigen granulirtem Inhalt; 3) einem Kern (*nucleus*); 4) einem oder mehreren Kernkörpern (*nucleoli*). Nachdem man die Eigenschaften der Sarcode von Rhizopoden und Infusorien und die Beschaffenheit des protoplasmatischen Inhalts jugendlicher Zellengewebe von Thieren und Pflanzen näher kennen gelernt hatte, wurde dem Schwann'schen Zellenschema gegenüber insbesondere durch die Untersuchungen von Leydig, Max Schultze, Brücke etc. der Beweis geliefert, dass die Zellmembran kein wesentliches Attribut der Zelle, sondern ein nur secundärer Charakter sei. Vergl. besonders Max Schultze, Ueber Muskelkörperchen und das was man eine Zelle zu nennen habe. Müllers Archiv 1861, ferner E. Brücke, Elementarorganismen, Sitzungsberichte der Wiener Academie 1861 u. 1862.

unzweifelhaft Organismen sind, obwohl sie nichts von Organisation besitzen. Manche der einfachsten Organismen sind so klein (*Mikrococcus*), dass es schwer hält, dieselben in einzelnen Fällen von molekularen Niederschlägen zu unterscheiden, zumal sie nur Molekularbewegung zeigen. Ebenso wenig wie die Zellmembran ist der *Zellkern* ein nothwendiger Charakter der Zelle (Brücke). Wie es membranlose Zellen mit Kern gibt, so gibt es auch kernlose Plasmaklümpchen, die E. Häckel *Cytoden* nennt und als Vorstufe der kernhaltigen Zellen betrachtet. Es ist somit das lebendige Protoplasma mit seiner nicht näher bekannten *molekularen Anordnung* das ausschliesslich bestimmende Criterium der Zelle.

Liegt nun auch in den erörterten Eigenschaften dem Begriffe nach ein wesentlicher Gegensatz des Lebendigen zu den anorganischen Körpern ausgesprochen, so wird man doch bei der Beurtheilung des Verhältnisses zwischen Organismen und Anorganen nicht aus dem Auge zu verlieren haben, dass es bei den kleinsten und einfachsten Körpern, welche sich durch ihre Fortpflanzung auf dem Wege der Theilung und durch den Stoffverbrauch als Organismen erweisen, mittelst der stärksten Vergrösserungen unmöglich ist, eine Organisation zu entdecken und dass bei zahlreichen niederen Lebewesen durch Entziehung von Wärme und Wasser Stoffwechsel und Lebensthätigkeit unbeschadet der Lebensfähigkeit völlig unterdrückt werden können. Um so mehr werden wir der Hypothese volle Berechtigung zugestehen, dass die einfachsten Lebewesen zu irgend einer Zeit aus Anorganen, in welchen dieselben chemischen Elemente als in den Organismen vorkommen, sich hervorbildeten. Wir würden sogar, da eine fundamentale Verschiedenheit des Stoffes und der Kräfte im Krystall und im organischen Wesen nicht nachgewiesen wurde, im ersten Auftreten lebender Wesen im Grunde (mit Du Bois Reymond) nur die Lösung eines schwierigen mechanischen Problems erkennen können, wenn nicht der Keim von Empfindung und Bewusstsein, von seelischen Vorgängen, die wir uns als ausschliessliches Resultat von Bewegungserscheinungen der Materie nicht vorzustellen vermögen, schon den einfachsten und primitivsten Organismen zugehörig gedacht werden müsse. Immerhin aber werden wir nicht vergessen dürfen, dass wir über die natürlichen Bedingungen und physikalischen Kräfte, welche zur Bildung der ersten und einfachsten Lebewesen führten, im Grunde nichts wissen.

Thier und Pflanze [1].

Die Unterscheidung der lebendigen Körper in Thiere und Pflanzen beruht auf einer Reihe unserm Geiste frühzeitig eingeprägter Vorstellungen. Bei dem Thiere beobachten wir freie Bewegungen und selbständige aus innern Zuständen entspringende Handlungen, welche Bewusstsein und Empfindung wahrscheinlich machen; bei der meist im Erdboden befestigten Pflanze vermissen wir die Lokomotion und selbständige auf Empfindung hinweisende Thätigkeiten. Daher schreiben wir dem Thiere willkürliche Bewegung und Empfindung, sowie als Sitz derselben eine Seele zu. »Plantae vivunt, animalia vivunt et sentiunt«. Indessen sind diese Begriffe nur einem verhältnissmässig engen Kreise von Geschöpfen, den höchsten Thieren und Pflanzen unserer Umgebung entlehnt. Mit dem Fortschritte unserer Erfahrungen drängt sich uns die Ueberzeugung auf, dass der herkömmliche Begriff von Thier und Pflanze in der Wissenschaft einer Erweiterung bedarf. Denn wenn wir auch nicht in Verlegenheit gerathen, ein Wirbelthier von einer phanerogamen Pflanze zu unterscheiden, so reichen wir doch mit demselben auf dem Gebiete des einfachern und niedern Lebens nicht mehr aus. Es gibt zahlreiche niedere Thiere ohne freie Ortsveränderung und ohne deutliche Zeichen von Empfindung und Bewusstsein, dagegen Pflanzen und pflanzliche Zustände mit freier Bewegung und Irritabilität. Man wird daher die Eigenschaften von Thieren und Pflanzen näher zu vergleichen und hierbei die Frage zu erörtern haben, ob überhaupt ein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal beider Organisationsformen besteht, eine scharfe Grenze beider Naturreiche anzunehmen ist oder nicht.

1) In der *gesammten Gestalt* und *Organisation* scheint für Thiere und Pflanzen ein wesentlicher Gegensatz zu bestehen. Das Thier besitzt bei einer gedrungenen äussern Form eine Menge innerer Organe von compendiösem Baue, während die Pflanze ihre ernährenden und ausscheidenden Organe als äussere Anhänge von bedeutendem Flächenumfange ausbreitet. Dort herrscht eine innere, hier eine äussere Entfaltung der endosmotisch wirksamen Flächen vor. Das Thier hat eine Mundöffnung zur Einfuhr fester und flüssiger Nahrungsstoffe, welche im Innern eines mit mannichfachen Drüsen (Speicheldrüsen, Leber, Pankreas etc.) in Verbindung stehenden Darmes verarbeitet, verdaut und resorbirt werden. Die unbrauchbaren festen Ueberreste der Nahrung treten als Kothballen aus der Afteröffnung aus. Die stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukte werden durch besondere Harnorgane, Nieren, meist in flüssiger Form ausgeschieden. Zur Bewegung und Circulation der resorbirten Ernährungsflüssigkeit (Blut) ist ein pulsirendes Pumpwerk (Herz) und ein

1) Vergl. C. Gegenbaur, de animalium plantarumque regni terminis et differentiis. Lipsiae 1860. — C. Claus, über die Grenze des thierischen und pflanzlichen Lebens. Leipzig 1863. — F. Haeckel, generelle Morphologie. Berlin 1866. Bd. I. pag. 198—238.

System von Blutgefässen vorhanden, während die Respiration bei den luftlebenden Thieren durch Lungen, bei den Wasserbewohnern meist durch Kiemen vermittelt wird. Das Thier hat endlich innere Fortpflanzungsorgane, sowie zur Auslösung der Empfindung ein Nervensystem und Sinnesorgane. Bei der Pflanze hingegen zeigt der vegetative Apparat eine weit einfachere Gestaltung. Die Wurzeln saugen flüssige Nahrungsstoffe auf, während die Blätter als respiratorische Organe Gase aufnehmen und austreten lassen. Die complicirten Organsysteme des Thieres fehlen, und ein mehr gleichartiges Parenchym von Zellen und Röhren, in denen sich die Säfte bewegen, setzt den Körper der Pflanze zusammen. Auch liegen die Fortpflanzungsorgane peripherisch, und es fehlen Nerven und Sinne.

Indessen sind die hervorgehobenen Unterschiede keineswegs durchgreifend, sondern nur für die höheren Thiere und höheren Pflanzen gültig, da sie mit der Vereinfachung der Organisation allmählig verschwinden. Schon unter den Wirbelthieren, mehr noch bei den Weichthieren und Gliederthieren reducirt sich das System der Blut-Gefässe und Respirationsorgane. Die Lungen oder Kiemen können als gesonderte Organe fehlen und durch die gesammte äussere Körperfläche ersetzt sein. Die Gefässe vereinfachen sich und fallen sammt dem Herzen vollständig hinweg, das Blut bewegt sich dann in mehr unregelmässigen Strömungen in den Räumen der Leibeshöhle und in den wandungslosen Lücken der Organe. Ebenso vereinfachen sich die Organe des Verdauungssystemes; Speicheldrüsen und Leber verschwinden als drüsige Anhänge des Darmes, dieser wird ein blind geschlossener, verästelter oder einfacher Schlauch (Trematoden) oder ein centraler Hohlraum, dessen Wandung mit der Leibeswand verbunden ist (Coelenteraten). Auch kann die Mundöffnung fehlen (Cestoden) und die Aufnahme flüssiger Nahrungsstoffe ähnlich wie bei den Pflanzen endosmotisch durch die äussere Körperfläche erfolgen. Endlich werden Nerven- und Sinnesorgane bei zahlreichen niedern Thieren vermisst. Bei solchen Reductionen des innern Baues erscheint es begreiflich, dass sich auch in der äussern Erscheinung und in der Art des Wachsthums die einfachern und niedern Thiere (Siphonophoren, Cestoden) oft in hohem Grade den Pflanzen annähren, mit denen sie in früherer Zeit namentlich dann verwechselt wurden, wenn sie zugleich der freien Ortsveränderung entbehren (Pflanzenthiere, Polypen, Hydroiden). In solchen Fällen bietet aber auch für Thiere die Feststellung des Individualitätsbegriffes ähnliche Schwierigkeiten wie im Pflanzenreich.

2) *Zwischen thierischen und pflanzlichen Geweben* besteht ebenfalls im Allgemeinen ein wichtiger Unterschied. Während in den pflanzlichen Geweben die Zellen ihre ursprüngliche Form und Selbständigkeit bewahren, erleiden dieselben in den thierischen auf Kosten ihrer Selbstständigkeit die mannichfachsten Veränderungen. Daher erscheinen die pflanzlichen Gewebe als gleichartige Zellencomplexe mit wohl erhaltenen scharf umschriebenen Zellen, die thierischen als höchst verschiedenartige Bildungen, in denen die Zellen selten als scharf umschriebene Einheiten nachweisbar bleiben. Der Grund für dieses ungleiche Verhalten der Gewebe scheint in dem verschiedenen Baue der Zelle selbst gesucht werden zu müssen, indem die Pflanzenzelle im Umkreis ihres

Primordialschlauches (der verdichteten Grenzschicht des Protoplasmas) von einer sehr starken dicken Haut, der Cellulosekapsel, umgeben wird, während die thierische Zelle eine sehr zarte stickstoffhaltige Membran oder statt derselben nur eine zähere Grenzschicht ihres zähflüssigen Inhalts besitzt. Indessen gibt es auch Pflanzenzellen mit einfachem nackten Primordialschlauch (Primordialzellen) und andererseits thierische Gewebe, welche durch Umkapselung der selbstständig gebliebenen Zellen den pflanzlichen ähnlich sind (Chorda dorsalis, Knorpel). Man wird auch nicht, wie dies von mehreren Forschern geschehen ist, die Vielzelligkeit als nothwendiges Merkmal des thierischen Lebens betrachten können. Allerdings gibt es zahlreiche einzellige Algen und Pilze, aber auch zahlreiche thierische Organismen, welche auf die Form der einfachen Zelle zurückzuführen sind. Man vermag überhaupt nicht einzusehen, wesshalb kein einzelliges Thier existiren könne, zumal die Zelle der Ausgangspunkt auch für den thierischen Körper ist (*Protozoen*).

3) Am wenigsten kann in der *Fortpflanzung* ein Criterium gefunden werden. Bei den Pflanzen ist zwar die ungeschlechtliche Vermehrung durch Sporen und Wachsthumsprodukte vorherrschend, allein auch im Kreise der niederen und einfach gebauten Thiere erscheint dieselbe Art der Vermehrung weit verbreitet. Die geschlechtliche Fortpflanzung aber beruht im Wesentlichen bei Thieren und Pflanzen auf den gleichen Vorgängen, auf der Vermischung männlicher (*Samenkörper*) und weiblicher Zeugungsstoffe (*Eizellen*), deren Form in beiden Reichen eine grosse Analogie und bei niederen Pflanzen sogar eine grosse Uebereinstimmung mit manchen Thieren zeigen kann, jedenfalls überall auf die Zelle zurückzuführen ist. Der Bau und die Lage der Geschlechtsorgane im Innern des Körpers oder als äussere Anhänge bietet um so weniger einen Anhaltspunkt zur Unterscheidung von Thier und Pflanze, als in dieser Hinsicht in beiden Reichen die grössten Verschiedenheiten möglich sind.

4) *Die chemischen Bestandtheile und Vorgänge des Stoffwechsels* sind bei Thieren und Pflanzen im Allgemeinen sehr verschieden. Früher glaubte man auch in der chemischen Construction des thierischen und pflanzlichen Leibes einen wesentlichen Gegensatz zu erkennen, da die Pflanze vorzugsweise aus ternären Verbindungen, das Thier vorwiegend aus quaternären stickstoffhaltigen Verbindungen besteht, und man schrieb mit Recht für jene dem Kohlenstoff, für dieses dem Stickstoff eine vorwiegende Bedeutung zu. Indessen sind auch für den thierischen Körper die ternären Verbindungen, die Fette und Kohlenhydrate, keineswegs bedeutungslos, während andererseits die quaternären Proteïne in den thätigen, in Neubildung begriffenen Theilen der Pflanze eine grosse Rolle spielen. Das *Protoplasma*, der Inhalt der lebenden Pflanzenzelle, ist stickstoffreich und von eiweissartiger Beschaffenheit, den mikrochemischen Reaktionen nach mit der *Sarcode*, der contraktilen Substanz niederer Thiere übereinstimmend. Zudem werden die als *Fibrin*, *Albumin* und *Casein* unterschiedenen Modifikationen der Eiweisskörper auch in Pflanzentheilen wiedergefunden. Auch gelingt es nicht Stoffe namhaft zu machen, welche ausschliesslich der Pflanze oder dem Thiere angehören und in denselben überall nachweisbar sein müssten. Das *Chlorophyll* (Blattgrün) kommt auch bei niederen Thieren vor (Stentor, Hydra, Bonellia), fehlt dagegen den Pilzen. Die

Cellulose, eine der äusseren Membran der Pflanzenzelle eigenthümliche stickstofflose Substanz, wurde in dem Mantel von Weichthieren (Ascidien) nachgewiesen. Das Cholestearin und einige die Nervensubstanz charakterisirende Stoffe sind auch in Pflanzentheilen (Leguminosen) aufgefunden worden.

Von weit grösserem Werthe ist der Unterschied in der Ernährung und im Stoffwechsel. Die Pflanze nimmt neben bestimmten Salzen (Phosphorsaure und schwefelsaure Alkalien und Erden) besonders *Wasser*, *Kohlensäure* und *Ammoniak* auf und baut aus diesen binären anorganischen Substanzen die organischen Verbindungen höherer Stufe auf. Das Thier bedarf ausser der Aufnahme von Wasser und Salzen einer organischen Nahrung, vor allem der Kohlenstoff-Verbindungen (Fette) und der stickstoffhaltigen Eiweisskörper, welche im Kreislauf des Stoffwechsels wieder zu Wasser, Kohlensäure und zu Stickstoff-haltigen Spaltungsprodukten (Amiden und Säuren), Kreatin, Leucin, Harnstoff etc., Harnsäure, Hippursäure etc. zerfallen. Die Pflanze scheidet, indem sie durch die Thätigkeit chlorophyllhaltiger Zellen unter Einwirkung des Lichtes aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser organische Substanzen bildet (*Assimilation*), Sauerstoff aus, den wiederum das Thier zur Unterhaltung des Stoffwechsels durch seine Respirationsorgane aufnimmt. Die Richtung des Stoffwechsels und der Respiration ist daher in beiden Reichen eine zwar sich gegenseitig bedingende, aber genau entgegengesetzte. Das Thierleben beruht auf Analyse zusammengesetzter Verbindungen und ist im Grossen und Ganzen ein Oxydationsprocess, durch welchen Spannkräfte in lebendige verwandelt werden (Bewegung, Erzeugung von Wärme, Licht). Die Lebensthätigkeit der Pflanze dagegen basirt, soweit sie sich auf Assimilation bezieht, auf Synthese und ist im Grossen und Ganzen ein Reductionsprocess, unter dessen Einfluss Wärme und Licht gebunden und lebendige Kräfte in Spannkräfte übergeführt werden. Jedoch zeigt sich auch dieser Unterschied nicht für alle Fälle als Criterium verwendbar. Neuerdings ist die Aufmerksamkeit der Naturforscher insbesondere durch Hooker und Darwin [1]) auf die merkwürdigen übrigens schon im vorigen Jahrhundert beobachteten (Ellis) Ernährungs- und Verdauungsvorgänge bei einer Reihe von Pflanzen gelenkt worden, welche nach Art der Thiere kleine Organismen, besonders Insekten fangen, das organische Material derselben nach einem thierischer Verdauung ähnlichen chemischen Processe durch die drüsenreiche Oberfläche aufsaugen (Blätter des Sonnenthaues, *Drosera rotundifolia* und der Fliegenfalle, *Dionaea muscipula*). Viele Schmarotzerpflanzen und sämmtliche Pilze haben aber überhaupt nicht das Vermögen der Assimilation, sondern saugen organische Säfte auf und zeigen eine dem Thiere entsprechende Respiration, indem sie Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausscheiden.

Durch Saussure's Untersuchungen wurde sogar festgestellt, dass die Aufnahme von Sauerstoff in bestimmten Intervallen für alle Pflanzen nothwendig ist, dass an den nicht grünen, des Chlorophylles entbehrenden Pflanzentheilen

1) Vergl. besonders Ch. Darwin, Insectivorous Plants. London 1875, Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen I und II, sowie die Abhandlungen von F. Kurz und Munk über das Dionaeablatt. Müllers Archiv 1876.

und bei mangelndem Sonnenlicht, also zur Nachtzeit auch an den grünen Theilen eine dem Thiere analoge Einathmung von Sauerstoff und Ausathmung von Kohlensäure stattfindet. Im Pflanzenkörper besteht neben dem sehr ausgedehnten Desoxydationsprocess ganz regelmässig eine dem thierischen Stoffwechsel analoge Oxydation, durch welche ein Theil der assimilirten Substanzen wieder zerstört wird. Das Wachsthum der Pflanze ist ohne Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureerzeugung unmöglich. Je energischer dasselbe vorschreitet, um so mehr Sauerstoff wird aufgenommen, wie in der That die keimenden Samen, die sich rasch entfaltenden Blatt- und Blüthenknospen in kurzer Zeit eine grosse Menge von Sauerstoff verbrauchen und Kohlensäure ausscheiden. Hiermit im Zusammenhange sind die Bewegungen des Protoplasmas an die Einathmung von Sauerstoff geknüpft. Auch die Erzeugung von Wärme (Keimung) und selbst von Lichterscheinungen (*Agaricus olearius*) tritt bei lebhaftem Sauerstoffverbrauch ein. Endlich gibt es Organismen (Hefezellen — Bacterien), welche zwar Stickstoff, aber nicht Kohlensäure assimiliren, den nothwendigen Kohlenstoff vielmehr fertigen Kohlenhydraten entziehn (Pasteur, Cohn).

5) Die *willkürliche Bewegung und Empfindung* gilt dem Begriffe nach als der Hauptcharakter des thierischen Lebens. In früherer Zeit hielt man das Vermögen der freien Ortsveränderung für eine nothwendige Eigenschaft des Thieres und betrachtete desshalb die festsitzenden Polypenstöcke als Pflanzen, bis der von Peyssonnell geführte Nachweis von der thierischen Natur der Polypen durch den Einfluss bedeutender Naturforscher im vorigen Jahrhundert allgemeine Anerkennung erlangte. Dass es auch Pflanzen und pflanzliche Entwicklungszustände mit freier Ortsveränderung gibt, wurde erst weit später mit der Entdeckung beweglicher Algensporen bekannt, so dass man nun auf Merkmale, aus welchen die Willkür der Bewegung gefolgert werden konnte, zur Unterscheidung der thierischen und pflanzlichen Beweglichkeit sein Augenmerk richten musste. Als solches galt längere Zeit gegenüber den gleichförmigen, mit starrem Körper ausgeführten Bewegungen der Pflanze die Contraktilität der Bewegung. Anstatt der Muskeln, welche bei niedern Thieren als besondere Gewebe hinwegfallen, bildet hier eine ungeformte eiweisshaltige Substanz, *Sarcode*, die contraktile Grundsubstanz des Leibes. Allein der als *Protoplasma* bekannte zähflüssige Inhalt der Pflanzenzelle besitzt ebenfalls die Fähigkeit der Contraktilität und ist in den wesentlichsten Eigenschaften mit der Sarkode [1]) gleich. Beide zeigen die gleichen chemischen Reaktionen und stimmen in dem häufigen Auftreten von *Wimpern*, *Vacuolen* und *Körnchenströmungen* überein. Auch pulsirende Räume, *contraktile Vacuolen*, sind nicht ausschliessliches Attribut der Sarcode, sondern können ebenso in dem Protoplasma der Pflanzenzelle vorkommen (*Gonium*, *Chlamydomonas*, *Chaetophora*). Während die Contraktilität des Protoplasma's allerdings in der Regel durch die Cellulosemembran gehemmt wird, tritt sie an den nackten Schwärmzellen der *Volvocinen*,

1) Vergl. W. Schulze, das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig. 1863. — W. Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma und die Contraktilität. Leipzig. 1864.

Euglenen und *Saprolegnien*, vollends an den amöbenartigen Entwicklungsformen der Schleimpilze, *Myxomyceten*, in gleicher Intensität mit der Sarkode der *Infusorien* und *Rhizopoden* auf. Bei den gleichartigen Bewegungserscheinungen niederer Thiere und Pflanzen suchen wir vergebens nach einem Criterium der Willkür, deren Deutung dem subjectiven Ermessen des Beobachters unterworfen bleibt.

Das Vermögen der als Function der Materie unbegreiflichen Empfindung, welches überall da, wo es sich um willkürliche Bewegung handelt, vorausgesetzt werden muss, ist keineswegs bei allen thierischen Organismen mit Sicherheit nachzuweisen. Viele niedere Thiere entbehren des Nervensystems und der Sinnesorgane und zeigen auf Reize geringe und nicht gerade intensivere Bewegungen als vegetabilische Organismen. Die Irritabilität aber erscheint auch auf dem Gebiete höherer Pflanzen weit verbreitet. Die Sinnpflanzen bewegen ihre Blätter auf mechanische Reize der Berührung (*Mimosen*) oder beugen wie der Sonnenthau (*Drosera*) kleine mit Kölbchen endigende Stilchen der Blattfläche, Polypenarmen vergleichbar. Die Fliegenfalle (*Dionaea*) schlägt die beiden Blatthälften klappenartig zusammen, wenn dieselben von Insekten berührt werden. Die Staubfäden der Centaureen verkürzen sich auf mechanische und elektrische Reize in ihrer ganzen Länge und nach ähnlichen Gesetzen als die Muskeln der höhern Thiere. Viele Blüthen öffnen und schliessen sich unter dem Einflusse des Lichtes zu gewissen Tageszeiten.

Demnach erscheint die *Irritabilität* ebenso wie die *Contraktilität* als Eigenschaft auch der pflanzlichen Gewebe und des Protoplasmas der Pflanzenzelle, und es ist nicht zu bestimmen, ob *Willkür* und *Empfindung*, die wir an diesen Erscheinungen der Pflanze ausschliessen, bei den ähnlichen Reizungs- und Bewegungsphänomenen niederer Thiere mit im Spiele sind.

Wir finden daher in keinem der besprochenen Merkmale thierischen und pflanzlichen Lebens ein durchgreifendes Criterium und sind nicht im Stande, das Vorhandensein einer scharfen Grenze beider Reiche nachzuweisen. Thiere und Pflanzen entwickeln sich von dem gemeinsamen Ausgangspunkt der contraktilen Substanz [1]) allerdings nach verschiedenen Richtungen, die bei dem Beginne ihrer Entfaltung noch mannichfach in einander übergreifen und erst mit der vollkommenern Organisation in ihrem vollen Gegensatze deutlich werden. In diesem Sinne wird man, ohne eine scharfe Grenze zwischen beiden Organisationsreihen statuiren zu wollen, den Begriff des Thieres durch die Zusammenfassung der jene Richtung bezeichnenden Merkmale umschreiben können.

Man wird demnach das *Thier* zu definiren haben: als den frei und willkürlich beweglichen, mit Empfindung begabten Organismus, der seine Organe im Innern des Leibes durch innere Flächenentfaltung entwickelt, einer organischen Nahrung bedarf, Sauerstoff einathmet, unter dem Einflusse der Oxydations-

1) Die Aufstellung eines Zwischenreiches für die einfachsten Lebensformen ist weder wissenschaftlich gerechtfertigt, noch aus praktischen Rücksichten erforderlich. Im Gegentheil würde die Annahme eines Protistenreiches die Schwierigkeit der Grenzbestimmung nur verdoppeln.

vorgänge im Stoffwechsel Spannkräfte in lebendige Kräfte umsetzt und Kohlensäure nebst stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukten ausscheidet.

Die Wissenschaft, welche die Thiere zum Gegenstand hat und dieselben in ihren Form- und Lebenserscheinungen sowie in ihren Beziehungen zu einander und zur Aussenwelt zu erforschen sucht, ist die Zoologie.

Die Organisation und Entwicklung des Thieres im Allgemeinen.

Der zur Feststellung des Begriffes »*Thier*« vorausgeschickte Vergleich von Thier und Pflanze hat bereits auf die grosse Mannichfaltigkeit und auf zahlreiche Abstufungen der thierischen Organisation hingewiesen. Wie sich aus der Eizelle in allmähliger Differenzirung der complicirte Organismus aufbaut und oft auch während des freien Lebens Zustände durchläuft, welche in aufsteigender Reihe zu einer immer höhern Entfaltung der Theile und zu vollkommenern Leistungen der Organe führen, so offenbart sich auf dem grossen Gebiete der thierischen Lebensformen ein ähnliches Gesetz der allmählig fortschreitenden Entwicklung, des Aufsteigens vom Einfachen zum Mannichfaltigen sowohl in der Form des Leibes und in der Zusammensetzung seiner Theile als in der Vollkommenheit der Lebenserscheinungen.

Allerdings leiten sich die Abstufungen der thierischen Organisation nicht wie die des sich entwickelnden Individuums in einer einzigen continuirlichen Reihe auseinander ab, sondern die Parallele der Entwicklungsstufen des Thierreichs als Gesammtheit und der verschiedenen Zustände der einzelnen Lebensform weicht in so fern auseinander, als wir gegenüber der einfachen Entwicklungsreihe des Individuums eine Anzahl zwar hier und da mehrfach in einander übergreifender aber doch in ihrer höhern Entfaltung wesentlich verschiedener Kreise der thierischen Organisation unterscheiden und als höchste Abtheilungen des Systemes betrachten.

Individuum. Organ. Stock.

In der Regel tritt der thierische Organismus als eine nach Form (morphologisch) und Lebensthätigkeiten (physiologisch) bestimmt begrenzte und untheilbare Einheit, als »*vollkommenes Individuum*« auf. Abgeschnittene Glieder oder losgelöste Theile ergänzen sich nicht zu neuen Thieren, wir können meist nicht einmal Stücke des Leibes entfernen, ohne das Leben des Organismus zu gefährden, denn nur als Complex sämmtlicher Theile des Leibes erhält sich

derselbe in voller Lebensenergie. Nicht ganz ohne Beziehung auf die Eigenschaft der Untheilbarkeit des Individuums, vornehmlich aber mit Rücksicht auf die sich ergänzenden und gegenseitig bedingenden Leistungen der einzelnen Theile des Körpers, redet man von Organen und versteht unter Organ jeden Körpertheil, welcher als eine der höhern Einheit des Organismus untergeordnete Einheit eine bestimmte Form und innere Gestaltung zeigt, sowie eine dieser entsprechende Function ausübt, somit eins jener zahlreichen Werkzeuge ist, auf deren ineinandergreifender Arbeit das Leben des Individuums beruht.

Freilich gibt es unter den einfachern Thieren gar Viele, welche sich dem herkömmlichen Begriff von Individuum nicht recht unterordnen lassen; dieselben haben zwar eine bestimmte, der Entwicklung nach als individuell zu bezeichnende Form und repräsentiren somit *morphologisch* die Individualität, sind aber in grosser Zahl auf gemeinsamen Leibe vereint, gewissermassen zu einem Thierstock verbunden und verhalten sich physiologisch zu diesem wie Organe zu einem Organismus. Dieselben erscheinen demnach als unvollkommene oder morphologische Individuen, welche für sich gesondert meist nicht fortbestehen können, namentlich dann aber stets als Einzelwesen zu Grunde gehen, wenn sie untereinander nach Form und Leistungen differiren, sich bei verschiedenartiger Gestaltung ihres Baues in die Arbeiten theilen, welche der Erhaltung der Gesammtheit erforderlich sind. Solche *polymorphe* [1]) Thierstöcke gewinnen ganz das Aussehen und die Eigenschaften eines Individuums, während sie morphologisch Vereinigungen von Individuen sind, die sich physiologisch wie Organe verhalten.

Nicht jedes Organ findet sich im Thierkörper in nur einfacher Zahl vor, häufig wiederholen sich gleichartige Organe in bestimmter, indessen verschiedener Zahl, je nachdem der Organismus eine radiäre oder bilateral symmetrische und gegliederte Gestaltung zeigt. Bei den radiär gebauten Thieren sind wir im Stande zwei einander gegenüberliegende Puncte des Körpers, gewissermassen als Pole, durch eine Hauptaxe zu verbinden und den Körper durch mehrfache (2, 4, 6 etc., 5, 7, 9 etc.) Schnittebenen in congruente, beziehungsweise spiegelbildlich gleiche Hälften zu zerlegen. Die einfach vorhandenen Organe fallen in die von der Hauptaxe durchsetzte Mitte des Leibes, während sich die übrigen Organe mehr peripherisch gelagert, nach der Zahl der Hauptstrahlen wiederholen (2strahlig, 6strahlig, 5strahlig etc.). Lagerungsstörungen einzelner Organe können freilich die streng radiäre Bauart beeinträchtigen [2]). Somit liegen im Umkreis der gemeinsamen Körperachse übereinstimmende Gruppen gleichartiger Organe einander gegenüber, so dass man im Stande ist, den Körper in mehrere gleichartige Gegenstücke oder *Antimeren* (E. Haeckel) abzutheilen. Bei der bilateralen symmetrischen Architectonik, die wir als einen speciellen Fall aus der radiären abzuleiten vermögen, ist durch die Längsachse nur eine Ebene, *Medianebene,* denkbar, mit der Eigenschaft, den Körper in zwei spiegelbildlich gleiche

---

1) Vergl. R. Leuckart, Ueber den Polymorphismus der Individuen oder die Erscheinung der Arbeitstheilung in der Natur. Giessen. 1851.

2) Vergl. die betreffenden Erörterungen in den Abschnitten über *Coelenteraten, Rippenquallen* und *Echinodermen.*

(rechte und linke) Hälften oder Antimeren zu zerlegen. Wir unterscheiden an dem bilateralen Körper ein Vorn und Hinten, ein Rechts und Links, eine Rücken- und Bauchseite. Die unpaaren in nur einfacher Zahl auftretenden Organe fallen in die Medianebene, zu deren Seiten in beiden Körperhälften die paarigen Organe einander gegenüber lagern. Indessen können sich auch in der Längsrichtung die Organgruppen sowie gleichartige Theile derselben Organe wiederholen. Der Körper gewinnt dann eine Gliederung und zerfällt in einzelne hinter einander gelegene Abschnitte, *Segmente* oder *Metameren*, in denen sich die Organisation mehr oder minder gleichartig wiederholt (*Anneliden*). Sind die hinter einander folgenden Theilstücke einander nach Bau und Leistung vollkommen gleichwerthig, so repräsentiren sie eine untergeordnete Individualität, ein Individuum niederer Ordnung, das durch Trennung von dem Verbande zur Selbstständigkeit gelangen und längere oder kürzere Zeit lebendig bleiben kann (*Cestoden*). Bei höherer Organisirung freilich erscheinen die Segmente in einem viel festern Verbande und in gegenseitiger Abhängigkeit, büssen dafür aber auch die volle Homonomität ein. In demselben Maasse als die Metameren eine ungleiche Gestaltung gewinnen und mit dieser eine verschiedenartige Bedeutung für das Leben des gegliederten Organismus verbinden, verlieren sie an Selbstständigkeit und büssen den Werth der Individualität ein.

Ganz analog der Segmentirung des höheren Thieres erscheint die Metamerenbildung an *polymorphen* Thierstöcken, die an sich den Eindruck der Individualität wiederholen. Hier folgen am Stamme hinter einander gleichartige Gruppen verschiedener Individuen, Gruppen, welche einzeln für sich (morphologisch) die Bedingungen der Existenz erfüllen und somit von dem gesammten Thierstocke getrennt als Thierstöckchen niederer Ordnung zu leben vermögen (*Diphyes, Eudoxia — Monophyes, Diplophysa*), die freilich wiederum mit dem Individuum der Meduse eine grosse Aehnlichkeit auch morphologisch darbieten.

Auch für die Organe gilt die Unterscheidung höherer und niederer Ordnung. Es gibt Organe, welche sich auf die Zelle, beziehungsweise auf einen Complex gleichartiger Zellen (einfache Organe) zurückführen lassen und solche, an deren Bildung verschiedenartige Zellencomplexe und Zellengewebe (zusammengesetzte Organe) betheiligt sind, welche sich häufig zugleich in verschiedene, nach Bau und Leistung ungleichwerthige Abschnitte gliedern. Für die zusammengesetzten Organe höherer Ordnung fungiren die einzelnen Abschnitte und für diese wiederum die Zellenaggregate und die Complexe von Zellenderivaten als untergeordnete Organe, für welche schliesslich die Zelle und das derselben entsprechende Territorium als das letzte einfachste Organ dasteht. Andererseits fasst man Organe verschiedener Ordnung, welche mit Rücksicht auf ihre Hauptfunktion in näherer Beziehung stehen, als *Organsysteme* (Gefässsystem, Nervensystem) und *Organapparate* (Verdauungsapparat) zusammen, ohne dass es möglich ist, diese Begriffe von dem des zusammengesetzten Organes scharf zu trennen.

Zelle und Zellengewebe[1]).

Unter Geweben versteht man die Organtheile, in sofern sie eine bestimmte mit Hülfe des Mikroskopes erkennbare, auf die Zelle und deren Derivate zurückzuführende Struktur besitzen. Dieselben haben physiologisch eine der besondern Struktur entsprechende Funktion, welche die Gesammtfunktion des Organes bestimmt, und können daher auch als Organe niederer Ordnung betrachtet werden. Die letzte Einheit oder das Elementarorgan, aus welchem sich die Gewebe aufbauen, ist die Zelle, für die wir bereits hervorgehoben haben, dass weder die Membran noch auch der Kern den Werth entscheidender und den Begriff bestimmender Merkmale haben. Das Wesentliche der Zelle liegt in dem Protoplasma mit seiner besondern molekularen Anordnung und den Funktionen der selbständigen Bewegung, des Stoffwechsels, der Fortpflanzung.

Das was man Kern oder Nucleus der Zelle nennt, ist entweder eine feste solide Einlagerung des Protoplasmas oder ein mehr flüssiges mit festerer Hülle begrenztes Gebilde, welches wiederum meist ein oder mehrere solide Körperchen (*Nucleolus*) umschliesst. Eine wichtige und sehr allgemeine Eigenschaft des Protoplasmas ist die Contraktilität. Die lebendige Masse zeigt im Zusammenhang mit dem Stoffwechsel Bewegungserscheinungen, welche sich nicht nur in Verschiebungen und Wanderungen fester Partikelchen und Körnchen ihres zähflüssigen Inhalts, sondern in Formveränderungen der gesammten Zelle äussern. Ist freilich durch Verdichtung der peripherischen Grenzschicht des Protoplasmas, beziehungsweise einer hellen ausgeschiedenen Zone desselben eine helle *Zellmembran* entstanden, mit andern Worten, hat die Zelle Bläschenform gewonnen, so werden die Veränderungen der Formumrisse beschränkt sein müssen, im andern Falle aber geben sich die Verschiebungen der Theile in einem langsamen oder raschern Formenwechsel der peripherischen Grenzen kund. Die Zelle zeigt dann sog. *amöboide* Bewegungen, sie sendet Fortsätze aus, zieht dieselben wieder ein und vermag mittelst solcher Verschiebungen der Protoplasmatheile sogar ihre Lage zu ändern. Es sind vornehmlich jugendliche noch indifferente Zellen, welche in dieser membranlosen Form mit der Fähigkeit der Gestaltveränderung auftreten, im weitern Verlaufe ihrer Entwicklung bilden sie in der Regel eine Zellmembran, die somit nicht, wie man früher glaubte, eine nothwendige Eigenschaft der Zelle an sich, sondern nur ein Merkmal der weiter fortgeschrittenen Ausbildung, der aus dem Zustand der Indifferenz hervorgetretenen Zelle ist.

Wir haben bereits oben darauf hingewiesen, dass in dem Leben der Zelle die Grundeigenschaften des Organismus zum Ausdruck kommen. Die Zelle leitet ihren Ursprung, soweit unsere Erfahrungen reichen, von andern Zellen ab;

---

1) Th. Schwann, Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin. 1839. A. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 5. Auflage. Leipzig. 1867. Fr. Leydig, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt a. M. 1857. S. Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere etc. Leipzig. 1871. Ranvier, Traité technique d'histologie. Paris. 1875.

eine freie Zellenbildung, im Sinne Schwann's und Schleiden's, bezeichnet durch vorausgegangene Entstehung von Kernen (Cytoblasten) in einer bildungsfähigen organischen Materie, ist nicht nachgewiesen. Beschränken wir jedoch die bildungsfähige Substanz auf das Plasma der Zelle oder das verschmolzene Plasma zahlreicher Zellen (Plasmodien), so haben wir eine freie Zellbildung anzuerkennen (z. B. Sporenbildung der Myxomyceten), wenngleich dieselbe von der Neubildung innerhalb der Mutterzelle nicht scharf abzugrenzen und als eine Modifikation der sog. endogenen Zellen-Erzeugung zu betrachten ist. Diese aber gestattet eine Zurückführung auf die so sehr verbreitete Vermehrung der Zellen durch *Theilung*. Nachdem die Zelle im Zusammenhang mit der Aufnahme und Verarbeitung von Nährstoffen bis zu einer gewissen Grösse herangewachsen ist, sondert sich das Protoplasma — meist nach voraus eingetretener Kerntheilung — in zwei nahezu gleiche Portionen, von denen jede einen Kern aufnimmt. Die Kerntheilung [1]) vollzieht sich, wie man neuerdings für zahlreiche Fälle nachweisen konnte, unter eigenthümlichen Differenzirungen und Neubildungen. Die Substanz des sich spindelförmig ausziehenden Kerns (Kernspindel) gewinnt ein längsstreifiges Faser-Gefüge mit einer aequatorialen Zone körniger Granulationen (Kernplatte, Verdichtungszone), deren Theilchen allmählig nach den Polen der Kernspindel auseinanderweichen, und hier von einem hellen im Protoplasma hervortretenden Flüssigkeitscentrum umschlossen zu werden. Aus diesen beiderlei Gebilden gestalten sich die neuen Kerne an den Polen der alten nunmehr handelförmig gestalteten Kernspindel, deren fasrige Querbrücke während der bereits in der Aequatorialebene eingetreten und rasch fortschreitenden Abschnürung des Protoplasmas verschwindet. Die Theilung ist vollendet, wenn die aus den Endabschnitten der Kernspindel mit umgebenden Safthof hervorgegangenen jungen Kerne nach Resorption der verbindenden Faserreste ihre definitive Grösse erlangt haben.

Sind die Theilungsprodukte ungleich, so dass man die kleine Portion als ein abgelöstes Wachsthumsprodukt der grössern betrachten kann, so nennt man die Fortpflanzungsform *Sprossung*. Bei der *endogenen* Zellvermehrung endlich handelt es sich um Neubildung von Tochterzellen innerhalb der Mutterzelle. Das Protoplasma theilt sich nicht auf dem Wege fortschreitender Einschnürung und Abtrennung in 2 oder mehrere Portionen, sondern differenzirt sich im Umkreis von neugebildeten Kernen, neben denen der ursprüngliche Zellenkern fortbestehen kann, in Protoplasmaballen.

Die Eizelle, welche wir als Ausgangspunkt für die Entwicklung des Organismus zu betrachten haben, erzeugt auf verschiedenem Wege der Zellenvermehrung das Material von Zellen, welches zur Bildung der Gewebe Verwendung findet. Gruppen von ursprünglich indifferenten und gleichgestalteten Zellen sondern sich und nehmen eine veränderte Gestaltung an; die zugehörigen Elemente erleiden eine unter einander ungleichartige Differenzirung und erzeugen aus sich und ihren Derivaten eine bestimmte Form von Zellengewebe, welches eine der Besonderheit seiner Struktur entsprechende Funktion übernimmt.

1) Vergl. besonders O. Bütschli, Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien. Frankfurt. 1876.

Mit der Sonderung und Umbildung der Zellengruppen zu differenten Geweben bereitet sich zugleich die Arbeitstheilung der Organe vor, die man ebenso wie die sie zusammensetzenden Gewebe nach der allgemeinsten Unterscheidung der Funktionen des thierischen Organismus in *vegetative* und *animiale* eintheilen kann. Die erstern beziehen sich auf die Ernährung und Erhaltung des Körpers, die animalen dagegen dienen zur Bewegung und Empfindung, zu den dem Thiere ausschliesslich (im Gegensatz zur Pflanze) eigenthümlichen Arbeiten. Die vegetativen Gewebe wird man zweckmässig in 2 Gruppen 1) in Zellen und Zellaggregate (Epitelien) und 2) in Gewebe der Bindesubstanz sondern und die animalen in Muskel- und Nervengewebe unterscheiden. Freilich handelt es sich mehr um eine die Uebersicht der Gewebsformen erleichternde sowie zur Beurtheilung der Verwandtschaft brauchbare Eintheilung, die nicht auf absolut scharfe Abgrenzung ihrer Gruppen Anspruch machen kann.

1. *Zellen und Zellaggregate.* Die Zellen sind als solche erhalten und treten entweder in flüssigen Medien frei und isolirt oder als neben einander gelagerte flächenhaft ausgebreitete Aggregate auf. Zu den erstern gehören die Zellen des Blutes, des Chylus und der Lymphe. Sowohl das in der Regel farblose Blut der Wirbellosen als das mit seltenen Ausnahmen rothe Blut der Wirbelthiere besteht aus einem flüssigen eiweissreichen (Gerinnung, Faserstoff, Serum) Plasma und zahlreichen in demselben suspendirten Blutkörperchen. Diese sind bei den Wirbellosen unregelmässige oft spindelförmige Zellen mit der Fähigkeit amöboider Bewegungen. Bei den Wirbelthieren finden wir im Plasma rothe Blutkörperchen (entdeckt von Swammerdam beim Frosch) in so grosser Zahl und dichter Häufung vertheilt, dass das Blut für das unbewaffnete Auge das Aussehn einer homogenen rothen Flüssigkeit gewinnt. Es sind dünne Scheibchen von ovalen, nahezu elliptischen oder kreisförmigen (Säugethiere, Petromyzon) Umrissen, im erstern Falle kernhaltig, im letztern kernlos (Entwicklungszustände ausgenommen). Dieselben enthalten den Blutfarbstoff, das *Haemoglobin,* welches beim Austausch der Athemgase eine grosse Rolle spielt und gehen wahrscheinlich aus den farblosen Blutkörperchen hervor, die im normalen Blute stets in viel geringerer Menge auftreten. Die weissen Blutkörperchen sind echte Zellen von überaus veränderlicher Form mit amöboiden Bewegungen (Auswanderung in die Gewebe, Neubildungen etc.) und stammen aus den Lymphdrüsen, in denen sie als Lymph-Chyluskörperchen ihre Entstehung nehmen, um mit dem Lymphstrom in das Blut zu gelangen.

Aus Zellaggregaten bestehen die sogenannten *Epitelien-* oder *Epitelial*gewebe, welche in einfacher oder mehrfacher Schichtung ihrer Zellenlagen die äussere sowohl als die innere Fläche des Körpers, sowie die Binnenräume der letztern überkleiden. Nach der verschiedenen Form der Zellen unterscheidet man Cylinder-, Flimmer- und Pflasterepitelien. Im erstern Falle sind die Zellen durch Vergrösserung der Längsachse cylindrisch, im zweiten Falle tragen sie auf der freien Fläche schwingende Wimpern oder Flimmerhaare, deren Substanz mit dem lebenden Protoplasma der Zelle in Continuität steht. Bei den Pflasterepitelien handelt es sich um flache abgeplattete Zellen, die, wenn sie in mehreren Schichten auftreten, in den tiefern mehr und mehr der rundlichen Zellenform

weichen. Während die untern Lagen ihren weichflüssigen Charakter bewahren und in lebhafter Zelltheilung und Wucherung begriffen sind, zeigen die obern eine festere Beschaffenheit, verhornen allmählig und stossen sich als Schüppchen oder zusammenhängende Plättchen ab (Epidermis), um durch die Neubildungen der untern Lagen ersetzt zu werden. Auch gibt es Zellenlagen, deren freie Oberfläche sich durch eine besonders starke Verdickung der Zellmembran auszeichnet. Die zur Membranbildung verwendete erhärtete Protoplasma-schicht erscheint an der freien Fläche zu einem dicken Saume verstärkt, der bei ungleichmässiger Absonderung senkrechte Streifen als Ausdruck feiner Porenkanäle gewinnen kann (Dünndarmepitel, Epidermiszellen von *Petromyzon*). Fliessen die verdickten Säume zu einer continuirlichen Lage zusammen, so erhalten wir die sog. Cuticularmembranen, die, obwohl ihrer Entstehung nach homogen oder geschichtet, doch mancherlei Sculpturverhältnisse zeigen können. Sehr häufig bleiben an denselben die den einzelnen Zellen entsprechenden Bezirke als polygonale Felder umschrieben, und neben den sehr feinen Porenkanälchen treten grössere durch eingeschobene Fortsätze der Zellen erzeugte Porengänge auf. Diese führen wiederum allmählig zu dem Auftreten mannichfacher Cuticularanhänge über, die sich als Haare, Borsten, Schuppen etc. auf Porengängen erheben und als Matrix je ihre besondere Zelle oder deren Ausläufer umschliessen. Cuticularmembranen können eine sehr bedeutende Dicke und durch Aufnahme von Kalksalzen einen hohen Grad von Festigkeit und Härte erlangen (Chitinpanzer der Krebse), so dass sie als Skeletgewebe Verwerthung finden, wie sie überhaupt eine scharfe Abgrenzung von gewissen Geweben der Bindesubstanz nicht gestatten.

Erscheinen die Cuticularbildungen als feste Absonderungsprodukte, welche zu stützenden und formbestimmenden Gewebstheilen im Organismus verwendet werden, so gibt es wiederum zahlreiche aus Zellen hervortretende flüssige Absonderungen, welche sich auf den Werth von formlosen, aber in chemischer Beziehung oft bedeutungsvollen Sekreten beschränken. Hiermit wird das Epitelium zum Drüsengewebe. Im einfachsten Falle ist die Drüse aus einer einzigen Zelle gebildet, welche durch den freien Theil ihrer Membran oder durch eine Oeffnung Stoffe austreten lässt. Gehen zahlreiche Zellen in die Bildung der Drüse ein, so gruppiren sich dieselben im einfachsten Falle um einen centralen das Secret aufnehmenden Raum; die Drüse erscheint dann in Form eines Blindschlauches, der gewissermassen als Einsenkung der Epitelien in die tiefern Gewebe entstanden ist und sowohl an Epitelien der innern als der äussern Körperfläche gebildet wird. Grössere und complicirtere Drüsen von sehr verschiedener Gestalt sind aus jener Grundform auf dem Wege fortgesetzter, gleichmässiger oder ungleichmässiger Ausstülpung abzuleiten. Dieselben sind wohl allgemein durch Umgestaltung des gemeinsamen Abschnitts zum Ausführungsgang charakterisirt, wenngleich eine ähnliche Arbeitstheilung auch schon an einfachen Drüsenschläuchen, ja sogar an der einzelligen Drüse auftreten kann.

2. *Die Gewebe der Bindesubstanz.* Man begreift in dieser eine grosse Zahl sehr verschiedenartiger Gewebe, die morphologisch in dem Vorhandensein einer mehr oder minder mächtigen zwischen den Zellen (Bindegewebskörperchen) abgelagerten *Intercellular*substanz übereinstimmen und grossentheils zur Ver-

bindung und Umhüllung anderer Gewebstheile, zur Stütze und Skeletbildung verwendet werden. Die Intercellularsubstanz nimmt ihre Entstehung von Zellen aus, durch Abscheidung peripherischer Theile des Protoplasmas, ist also genetisch von der Zellmembran und deren Differenzirungen, wie wir sie in den Verdickungsschichten und Cuticularbildungen antreffen, nicht scharf abzugrenzen. In der Regel gelangt sie in der ganzen Peripherie der Zelle zur Absonderung und erscheint im Einzelnen morphologisch und chemisch überaus verschieden. Bleibt die intercellulare Grundsubstanz auf ein Minimum beschränkt, so erhalten wir die *zellige* oder die *grossblasige* Bindesubstanz, die namentlich bei Mollusken und Gliederthieren, minder verbreitet bei Wirbelthieren (*Chorda dorsalis*) auftritt und sich nicht scharf vom Knorpelgewebe abgrenzen lässt. Offenbar steht sie der embryonalen Form des Bindegewebes, welche aus dichtgedrängten noch indifferenten Embryonalzellen hervorgeht, am nächsten.

Als *Schleim-* oder *Gallertgewebe* bezeichnet man Formen von Bindesubstanz, welche sich durch die hyaline, gallertige Beschaffenheit der Grundsubstanz bei einem überaus verschiedenen Verhalten der Zellen charakterisiren. Häufig entsenden diese zarte Fortsätze, selbst verzweigte Ausläufer, die mit einander anastomosiren und Netze darstellen. Daneben aber können sich auch Theile der Zwischensubstanz in Bündel von Fasern differenziren (Wharton'sche Sulze des Nabelstranges). Solche Gewebsformen treffen wir bei wirbellosen Thieren, z. B. bei den Heteropoden und Medusen an, deren Gallertscheibe freilich bei Reduktion oder völligem Ausfall der Zellen überführt in eine homogene weiche oder erhärtete Gewebslage, welche ihrer Entstehung nach als einseitige Ausscheidung von Zellen, von Cuticularbildungen, nicht scharf zu trennen ist (Mantel der Schwimmglocken von Siphonophoren). Aehnlich verhält es sich wahrscheinlich mit dem sog. Sekretgewebe (Kowalevski) der jugendlichen Rippenquallen, in welches freilich Zellen einwandern, um dann als Bindegewebskörperchen zu fungiren. (Ebenso die Gallerte der Schirmquallen, sowie der Echinodermenlarven).

Eine bei Wirbelthieren sehr verbreitete Form der Bindesubstanz ist das sog. *fibrilläre Bindegewebe* mit vorwiegend spindelförmigen oder auch verästelten Zellen und einer festern ganz oder theilweise in Faserzüge zerfallenden Zwischensubstanz, welche die Eigenschaft besitzt, beim Kochen Leim zu geben. Wird das Protoplasma der Zellen grossentheils oder vollständig zur Faserbildung verbraucht, so entstehen Fasergewebe mit eingelagerten Kernen an Stelle der ursprünglichen Zellen. Sehr häufig zeigen die Fasern eine wellig gebogene Form und sind in nahezu gleicher Richtung ziemlich parallel geordnet (Bänder, Sehnen). In andern Fällen freilich kreuzen sie sich winklig in verschiedenen Richtungen des Raumes (Lederhaut) oder sie zeigen eine netzförmige Anordnung (Mesenterium). Während die gewöhnlichen Fibrillen und Bündel von Fibrillen, nach deren mehr oder minder dichten Gruppirung wir straffere und lockere Formen von fibrillären Bindegewebe erhalten, bei Behandlung mit Säuren und Alkalien aufquellen, erscheint eine zweite Form von Fasern jenen Reagentien gegenüber resistent. Diese elastischen Fasern, wie sie wegen der Beschaffenheit der vornehmlich aus ihnen gebildeten elastischen Gewebe genannt werden, zeigen eine Neigung zur Verästelung und zur Bildung von Fasernetzen und

erlangen oft eine bedeutende Stärke (Nackenband, Arterienwand). Auch können dieselben verbreitert und zu durchlöcherten Häuten und Platten verbunden sein (gefensterte Membran).

Eine andere Gewebsform der Bindesubstanz ist der Knorpel, characterisirt durch die meist rundliche Form der Zellen und die feste Chondrin-haltige Zwischensubstanz, welche die Rigidität des Gewebes bestimmt. Ist dieselbe nur sehr spärlich vorhanden, so ergeben sich Uebergänge zu dem zelligen Bindegewebe. Nach ihrer besondern Beschaffenheit unterscheidet man *Hyalinknorpel* und *Faserknorpel* (beziehungsweise *Netzknorpel* mit elastischen Fasernetzen), welcher wiederum Uebergänge zu dem fibrillären Bindegewebe gestattet. Die Zellen lagern in meist rundlichen Höhlen der Intercellularsubstanz, von welcher sich verschieden starke, die erstern umlagernden Partieen kapselartig sondern. Diese sogenannten Knorpelkapseln betrachtete man früher als der Cellulosekapsel der Pflanzenzelle ähnliche Membranen der Knorpelzellen, eine Auffassung, die im Hinblick auf die Entstehung der Kapseln als Sonderungen aus dem Protoplasma keineswegs schlechthin zurückzuweisen ist. Indessen stehen die Kapseln in näherer Beziehung zu der schon vorher auf demselben Wege erzeugten Intercellularsubstanz, welche sie häufig durch Verschmelzung verstärken. Häufig findet man in den Knorpelhöhlen verschiedene von besondern Kapseln umgebene Generationen von Zellen in einander eingeschachtelt. In solchen Fällen sind die ausgeschiedenen Kapseln von der Intercellularsubstanz getrennt geblieben und keine Verschmelzung mit derselben eingegangen. Uebrigens gibt es auch Knorpel mit spindelförmigen, zuweilen in zahlreiche Fortsätze ausstrahlenden Zellen. Auch können in der Zwischensubstanz Kalkkrümel in spärlicher oder dichter Häufung abgelagert werden; es entsteht auf diese Weise bald mehr vorübergehend bald persistirend der sog. incrustirte Knorpel oder Knorpelknochen. Bei der Rigidität des Knorpels erscheint es begreiflich, dass wir denselben als Stützgewebe zur Skeletbildung verwendet sehen, minder häufig bei Wirbellosen (Cephalopoden, Sabella, Coelenteraten), sehr allgemein bei Vertebraten, deren Skelet stets Knorpeltheile enthält, bei Fischen sogar ausschliesslich von denselben gebildet sein kann (Knorpelfische).

Einen noch höheren Grad von Rigidität zeigt das Knochengewebe, dessen Intercellularsubstanz durch Aufnahme kohlensaurer und phosphorsaurer Kalksalze zu einer harten Masse erstarrt ist, während die Zellen (sog. Knochenkörperchen) mit ihren zahlreichen feinen Ausläufern untereinander anastomosiren. Die Zellen füllen natürlich entsprechende Höhlungen der festen Grundsubstanz aus, welche noch von zahlreichen engen Canälen durchsetzt wird. Diese Canäle führen die ernährenden Blutgefässe, deren Verlauf und Verzweigungen sie genau wiederholen und stehen in Beziehung zu einer regelmässig concentrischen Schichtung und Lamellenbildung der Substanz. Sie beginnen an der Oberfläche und münden in grössere Räume (Markräume) aus, welche bei den Röhrenknochen die Achse einnehmen, bei den spongiösen Knochen aber in grosser Zahl und dichter Häufung auftreten.

In einem zweiten wesentlich verschiedenen Knochengewebe werden nicht die gesammten Zellen, sondern nur ihre zahlreichen sehr langen und parallel gerichteten Ausläufer in die Zwischensubstanz mit eingeschlossen, die somit von

einer grossen Zahl feiner Röhrchen durchsetzt ist. Die Zellen selbst bleiben ausserhalb der ausgeschiedenen und durch Aufnahme von Kalksalzen erstarrenden Zwischensubstanz, die somit einseitig abgelagert wird und ihrer Entstehung nach an die ebenfalls Zellenfortsätze in sich aufnehmenden harten Cuticularbildungen der Krebse und Insekten erinnern. Dieses von feinen parallelen Röhrchen durchsetzte Knochengewebe tritt bei den Knochenfischen und ganz allgemein als »Dentin« oder »Zahnbein« an den Zahnbildungen auf.

Rücksichtlich seiner Genese wird der Knochen durch weiches Bindegewebe oder durch Knorpel vorbereitet. Im erstern Falle entwickelt er sich durch Umbildung der Bindegewebszellen und durch Erstarrung der Zwischensubstanz. Häufiger ist die Präformirung durch Knorpel, die für einen grossen Theil des Skeletes der Vertebraten Geltung hat. Früher legte man auf diesen Gegensatz der Entstehung grossen Werth und unterschied dieselbe als secundäre und primäre Knochenbildung, während in Wahrheit eine grosse Uebereinstimmung besteht. Denn auch im letztern Falle tritt im Zusammenhang mit einer vorausgegangenen Kalkinkrustirung und partiellen Zerstörung oder Einschmelzung des Knorpels vom Mark aus eine weiche bindegewebige Neubildung (osteogene Substanz) auf, deren Zellen (Osteoblasten) sich in Knochenkörperchen umgestalten, während die Zwischensubstanz zum Grundgewebe wird. Dazu kommt, dass auch die knorplig präformirten Knochen ein Dickenwachsthum vom Perioste aus besitzen, bei welchem also ein bereits vorhandenes Bindegewebe direkt in Knochensubstanz übergeführt wird.

3. *Muskelgewebe.* Dem Protoplasma der thätigen Zelle an sich schreiben wir die Eigenschaft der Contractilität zu, beobachten aber, dass sich schon im Innern der protoplasmatischen Leibessubstanz an Sarcodethierchen eine streifenartige Anordnung der Theilchen geltend macht, an welche die Contractionsfähigkeit anknüpft (Muskelstreifen der Infusorien). Durch eine ähnliche Differenzirung des Protoplasmas bilden gewisse Zellen und Zellencomplexe das Vermögen der Contractilität in höhern vollkommenern Grade aus und erzeugen die sog. Muskelgewebe, welche ausschliesslich zur Bewegung dienen. Dieselben ziehen sich in den Momenten ihrer Activität zusammen, sie ändern das im Ruhezustand gegebene Verhältniss ihrer Längs- und Quer-Dimension der Art, dass sie die erstere verkürzen, während sie gleichzeitig breiter werden. Bei zahlreichen Coelenteraten sind es die in der Tiefe gelegenen Plasmatheile von Epitelien, welche sich zu zarten Muskelfasern oder Fasernetzen ausbilden, während die aufliegenden Zellenkörper, die Erzeuger jener (Myoblasten [1]), noch andere Funktionen vermittlen und in der Regel noch Wimperhaare tragen.

Man unterscheidet zwei morphologisch und physiologisch differente Formen von Muskelgeweben, die glatten Muskeln oder contraktilen Faserzellen und die quergestreifte Muskelsubstanz.

Im erstern Falle beobachten wir spindelförmige platte oder bandförmig gestreckte Zellen und Lagen solcher Zellen, welche auf den einwirkenden, in

---

1) Die fälschlich sogenannten »Neuromuskelzellen«, deren Beziehung zur Entstehung von Ganglienzellen nicht erweisbar ist.

der Regel von Nerven veranlassten Reiz langsam reagiren, allmählig in den Zustand der Contraction eintreten und in diesem länger beharren. Die contractile Substanz erscheint meist homogen, indessen nicht selten auch längsstreifig und entspricht entweder nur einem Theil des Protoplasma's (Nematoden) oder dem gesammten Inhalt der Faserzelle. Die glatten Muskeln haben die grösste Verbreitung auf dem Gebiete der wirbellosen Thiere, werden aber auch bei den Vertebraten zur Bildung der Wandungen zahlreicher Organe (Gefässe, Ausführungsgänge der Drüsen, Darmwand) verwendet.

Der quergestreifte Muskel besteht aus Zellen, häufiger aus zusammengesetzten vielkernigen sog. Primitivbündeln und charakterisirt sich durch die Umwandlung des Protoplasma's oder eines Theiles desselben in eine quergestreifte Substanz mit eigenthümlichen das Licht doppelt brechenden Elementen (Sarcous elements) und einer zweiten jene verbindende einfach brechende Zwischensubstanz. Physiologisch charakterisirt sich derselbe durch eine im Momente der Reizung eintretende sehr energische und bedeutende Zusammenziehung, welche dieses Muskelgewebe vornehmlich zur Ausführung kräftiger Bewegungsleistungen (Muskulatur des Vertebratenskelets) tauglich erscheinen lässt. Im einfachsten Falle sind die quergestreiften Fibrillen in der Tiefe von Myoblasten erzeugt, die ein zusammenhängendes flächenhaftes Epitel über der zarten Faserschicht bilden (Medusen und Siphonophoren). Bei höheren Thieren entstehen sie als Umbildung einer reichern Menge von Protoplasma uud betreffen fast den ganzen Inhalt der Zelle. Seltener bleiben dann aber die Zellen einkernig und in der Art vereinzelt, dass der ganze Muskel aus einer einzigen Zelle besteht (Augenmuskeln der Daphnie). Zuweilen bilden sich die Zellen unter Vermehrung ihrer Kerne zu langgestreckten Schläuchen, Primitivbündeln, um, an deren Peripherie eine Membran als Sarcolemma zur Differenzirung kommt. Häufiger freilich entstehen die Primitivbündel durch Verschmelzung zahlreicher in Reihen gestellter Zellen. Entweder lagern die Kerne dem Sarcolemma an, häufig in einer peripherischen feinkörnigen Protoplasmaschicht, oder sie sind reihenweise in der Achse des Schlauches zwischen feinkörnigen nicht contractilen Protoplasmatheilen angeordnet. Durch Zusammenlagerung zahlreicher Primitivbündel und Verpackung derselben mittelst Bindesubstanz entstehen die feinern und gröbern Muskelbündel, deren Faserung dem Verlaufe der Primitivbündel entspricht (Muskeln der Vertebraten). Endlich kommt es vor, dass sowohl die einfachen Zellen als die aus ihnen entstandenen mehrkernigen Gebilde Verästelungen bilden (Herz der Vertebraten, Darm der Arthropoden etc.).

4. *Nervengewebe.* In der Regel tritt mit der Muskulatur das Nervengewebe zugleich auf, welches jener die Reizimpulse ertheilt, aber in erster Linie als Sitz der Empfindung und des Willens erscheint. Mit Rücksicht auf diese Hauptfunction erscheint es wahrscheinlich, dass in der phylogenetischen Entwicklung der Gewebe die nervösen Elemente nicht im Zusammenhang mit den Muskeln, sondern mit den im Ectoderm sich differenzirenden Sinneszellen der Haut gesondert haben, mit den Muskeln aber, die ihre selbständige Reizbarkeit besassen, erst secundär in Verbindung traten.

Das Nervengewebe enthält zweierlei verschiedene Formelemente, Nervenzellen oder *Ganglienzellen* und Nervenfasern, die beide auch eine bestimmte chemische Beschaffenheit und molekulare Anordnung besitzen.

Die Ganglienzellen gelten als Heerde der Nervenerregung und finden sich vornehmlich in den Centralorganen, welche als Gehirn, Rückenmark oder schlechthin Ganglien bezeichnet werden. Sie besitzen meist einen feinkörnigen granulären Inhalt mit grossem Kern und Kernkörperchen und laufen in mehrere Fortsätze (unipolare, bipolare, multipolare Ganglienzellen) aus, welche als Wurzeln der Nervenfasern erscheinen. Häufig liegen die Ganglienzellen in bindegewebigen Scheiden eingebettet, welche sich über ihre Fortsätze und somit auch über die Nervenfasern ausdehnen, sehr allgemein aber werden Complexe derselben in bindegewebige Hüllen eingeschlossen.

Die Nervenfasern, welche den in der Zelle erzeugten Reiz fortleiten, von den Centralorganen auf die peripherischen Organe übertragen (motorische u. Drüsennerven) oder umgekehrt von der Peripherie des Körpers nach den Centralorganen hinführen (sensible Fasern), sind Ausläufer der Ganglienzellen und wie diese häufig von einer kernhaltigen Hülle (*Schwann*'sche Scheide) umschlossen. In grosser Zahl neben einander gelagert, erzeugen sie die kleinern und grössern Nerven. Dem feinern Verhalten der Nervensubstanz nach haben wir wiederum zwei Formen von Nerven zu unterscheiden, die sog. markhaltigen (doppelt contourirten) und die marklosen oder Achsencylinder. Die erstern zeichnen sich dadurch aus, dass beim Absterben des Nerven in Folge eines Gerinnungsprocesses eine stark lichtbrechende fettreiche Substanz als peripherische Schicht zur Erscheinung tritt und scheidenähnlich als »*Markscheide*« die centrale Faser, den sog. *Achsencylinder* umgibt. Jene verliert sich in der Nähe der Ganglienzelle, in deren Protoplasma ausschliesslich die zuweilen fibrilläre Substanz des Achsencylinders eintritt. Sie besitzen stets eine Schwann'sche Scheide (Cerebrospinalnerven der meisten Vertebraten). In der zweiten Form, in der marklosen Nervenfaser, fehlt das Nervenmark, wir haben es nur mit einem nackten oder von einer Scheide umlagerten Achsencylinder zu thun, der den gleichen Zusammenhang mit der Ganglienzelle zeigt (Sympathicus, Nerven der Cyclostomen, Wirbellose). Nicht selten finden wir aber, namentlich an den Sinnesnerven, die Achsencylinder in sehr feine Nervenfibrillen aufgelöst und gewissermassen in ihre Elemente zerlegt. Endlich treten sehr häufig die Nerven wirbelloser Thiere als feinstreifige Fibrillencomplexe auf, an denen wir bei dem Mangel von Nervenscheiden nicht im Stande sind die Grenzen der einzelnen Achsencylinder oder Nervenfasern zu erkennen. Die peripherischen am Ende der Sinnesnerven auftretenden Differenzirungen ergeben sich theils aus Umgestaltungen von Nervenfasern in Verbindung mit accessorischen Gebilden, welche aus Bindesubstanz (Tastorgane) oder aus Epitelzellen und cuticularen Abscheidungen hervorgegangen sind (*Endapparate*), theils aus der Einschiebung von Ganglienzellen zwischen Endapparate und Nervenfasern.

Grössenzunahme und fortschreitende Organisirung, Arbeitstheilung und Vervollkommnung.

Bei den niedersten Organismen finden wir weder Zellgewebe, noch aus diesen zusammengesetzte Organe. Der gesammte Organismus entspricht dem Inhalt einer einzigen Zelle, sein Leibessubstrat ist Protoplasma, seine Haut die Zellmembran, häufig sogar noch ohne Oeffnung zur Einfuhr fester Körper, lediglich zur endosmotischen Ernährung befähigt. In solchen Fällen, wie z. B. bei den *Gregarinen* und parasitischen *Opalinen*, genügt die äussere Leibeswand wie die Membran der Zelle, zur Aufnahme der Nahrungsstoffe und zur Entfernung der Ausscheidungsprodukte, somit zur Vermittlung der vegetativen Verrichtungen. Als Leibesparenchym fungirt das Protoplasma (Sarcode); in demselben vollziehn sich die vegetativen wie animalen Lebensthätigkeiten. Ohne in Organe und Gewebe differenzirt zu sein besorgt das Protoplasma mit denselben Theilen, welche die aufgenommenen Stoffe assimiliren und Ausscheidungsprodukte erzeugen, zugleich die Bewegung und falls wir hier schon von Anfängen der Empfindung reden können, auch die Empfindung.

Wir beobachten somit eine bestimmte Beziehung zwischen den Funktionen der peripherischen Fläche und der von der Oberfläche umschlossenen Masse, an deren Theilen sich die Processe des vegetativen und animalen Lebens vollziehn, während die erstere beide Reihen von Vorgängen vermittelt. Diese Beziehung setzt ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Grösse der Oberfläche zur Grösse der Masse voraus, welches aber mit dem fortschreitenden Wachsthum geändert wird. Da nämlich die Zunahme an Volum im Cubus, die der Oberfläche nur im Quadrat steigt, so wird das Verhältniss zum Nachtheil der letztern ein anderes, oder was dasselbe sagt, mit zunehmender Grösse wird die Oberfläche eine relativ kleinere werden. Schliesslich wird dieselbe nicht mehr ausreichen, um die vegetativen Processe einzuleiten und desshalb, falls das Leben fortbestehen soll, durch Neubildung von Fläche vergrössert werden müssen. Dies gilt aber nicht nur für die einfachen Zellen ähnlichen Organismen, welche sich wie die Zelle ernähren, sondern für die Zelle selbst, die bekanntlich eine innerhalb bestimmter Grenzen fixirte Grösse einhält. Daher wird der Organismus mit zunehmender Masse nicht nur eine Theilung des Protoplasma in mehrere, in zahlreiche Zelleinheiten erfahren, sondern diese werden auch eine derartige Gruppirung erlangen, dass sie sich nicht nur an der äussern Oberfläche, sondern auch an einer zweiten auf dem Wege der Einstülpung oder Aushöhlung gebildeten innern Fläche als regelmässige Lagen anordnen. Mit dem Auftreten eines innern Raumes ergibt sich zugleich eine Arbeitstheilung der Function. Die äussere Fläche beschränkt sich auf die Vermittlung der animalen Functionen und einer bestimmten, vornehmlich die Respiration und Ausscheidung betreffenden Reihe vegetativer Vorgänge, während die *innere Fläche (verdauende Cavität) zur Nahrungsaufnahme und Verdauung dient.* Hiermit ist nicht nur die Nothwendigkeit einer mit fortschreitender Grössenzunahme auftretenden Organisation bewiesen, sondern auch zugleich das Wesen derselben charakterisirt. Die zahlreichen Zellen, welche aus dem Inhalt des

ursprünglich einfachen Organismus hervorgegangen und anfangs untereinander gleichartig eine peripherische Lage einzunehmen bestrebt waren (Keimblase, *Blastosphaera*) mussten sich im Zusammenhang mit dem Bedürfnisse des wachsenden Organismus zur Begrenzung beider Flächen in eine äussere und eine innere Lage sondern, die an der Stelle des Körpers, an welcher sich die innere Cavität nach aussen öffnet, an der »Mundöffnung« zusammentreten. Aeussere und innere Zellenlage werden aber, im Zusammenhang mit der verschiedenen Function beider Flächen, eine verschiedene Gestaltung der Zellen erlangen müssen. Die Zellen der äusseren Lage, welche vornehmlich die animalen Functionen vermitteln, erscheinen blass, eiweissreich, cylindrisch und besitzen oft Wimpern, die der innern verdauenden Cavität haben eine mehr rundliche Gestalt und dunkelkörnige Beschaffenheit, können freilich auch Wimperhaare zur Fortbewegung des Inhalts gewinnen. In der That erkennen wir die aus physiologischen Gesichtspunkten als nothwendig abgeleitete einfachste Form eines zellig differenzirten Organismus in der zweischichtigen Thierform wieder, welche fast in allen Kreisen des Thierreichs als junge frei lebende Larve (sogenannte *Gastrula*) wiederkehrt und im Coelenteratenkreise dem ausgebildeten fortpflanzungsfähigen Formzustand nahe steht. Die mit der weitern Grössenzunahme fortschreitende Complikation der Organisirung ergibt sich theils aus einer weitern durch sekundäre Einstülpungen erzeugten Flächenvergrösserung, theils aus dem Auftreten neuer zwischen beiden Zellenschichten gelagerten, intermediären Geweben. Die secundären Flächeneinstülpungen übernehmen besondere Leistungen und gestalten sich zu Drüsen um, während die von einer oder von beiden Zellenschichten aus entstandenen intermediären Gewebe in erster Linie den Körper stützen und somit das Skelet erzeugen, dann aber auch die Bewegungsfähigkeit des Organismus steigern und als »Muskeln« zu dem äussern (Hautmuskulatur) und auch zu dem innern Zellenblatt (Darmmuskulatur) in nähere Beziehung treten. Ein zwischen äusserem und innerem Zellenstratum der Leibeswand primär vorhandener oder durch secundäre Spaltung der intermediaren Gewebsschicht secundär gebildeter Raum wird zur Leibeshöhle, in welcher durch Umbildungen intermediärer Zellengruppen das Blut, beziehungsweise das Blutgefässsystem hervorgeht. Mit dem Auftreten von Muskeln verbindet sich in der Regel die Differenzirung eines Nervensystems durch Neubildungen des äussern Blattes. Endlich erheben sich symmetrische Auswüchse des Leibes und gestalten sich theils zu bestimmten aus dem Bedürfniss der Flächenvermehrung abzuleitenden Organen der Ernährung (Kiemen), theils zu Organen der Nahrungszufuhr und Bewegung um (Fangarme, Tentakeln, Extremitäten).

Die zunehmende Mannichfaltigkeit der Organisation beruht demnach neben der Vergrösserung der vegetativen Flächen und neben der Differenzirung der animalen Organe auf einer fortschreitenden *Arbeitstheilung*, insofern sich die verschiedenen für den Lebensprocess erforderlichen Leistungen schärfer und bestimmter auf einzelne Theile des Ganzen, auf Organe mit besonderen Functionen, concentriren. Indem die letztern aber ausschliesslich zu bestimmten Arbeiten verwendet werden, können sie durch ihre besondere Einrichtung diese in reicherem Masse und vollendeterem Grade zur Ausführung bringen

und unter der Voraussetzung des geordneten Ineinandergreifens der Arbeiten sämmtlicher Organe dem Organismus Vortheile zuführen, welche ihn zu einer höhern und vollkommenern Lebensstufe befähigen. Mit der Mannichfaltigkeit der Organisation steigt daher im Allgemeinen die Höhe und Vollkommenheit der Lebensstufe, wenn gleich in dieser Hinsicht die besondere Form und Anordnung der Organe, wie sie in den bestimmten Thierkreisen (Typen) zum Ausdruck kommt, sowie die durch dieselbe beschränkten Lebensbedingungen als compensatorische Factoren in die Wagschale fallen. Auf diese Weise scheint der Weg bezeichnet zu sein, welcher zum Verständniss der zwischen Grösse, Organisation und Lebensstufe bestehenden Wechselbeziehungen führt.

Correlation und Verbindung der Organe.

Die Organe des Thierleibes stehen untereinander in einem sich gegenseitig bedingenden Verhältniss, nicht nur ihrer Form, Grösse und Lage nach, sondern auch bezüglich ihrer Leistungen, denn da die Existenz des Organismus auf der Summirung der Einzelwirkungen aller Theile zu einer einheitlichen Aeusserung beruht, so müssen die Theile und Organe in bestimmter und gesetzmässiger Weise einander angepasst und untergeordnet sein. Man hat dieses aus dem Begriffe des Organismus als nothwendig sich ergebende Abhängigkeitsverhältniss sehr passend als »*Correlation*« der Theile bezeichnet und ist schon vor vielen Decennien zur Aufstellung mehrerer Grundsätze geführt worden, deren vorsichtige Anwendung mancherlei fruchtbare Gesichtspunkte für eine vergleichende Betrachtungsweise lieferte. Jedes Organ muss mit Rücksicht auf das bestimmte Mass seiner Arbeit, welche zur Erhaltung der gesammten Maschine erforderlich ist, eine bestimmte Menge arbeitender Einheiten umfassen und demgemäss in seiner räumlichen Ausdehnung auf eine gewisse Grösse beschränkt sein, andererseits aber auch eine besondere theils durch seine Function, theils durch die gegenseitige Lage der Organe bedingte Gestalt besitzen. Vergrössert sich ein Organ in aussergewöhnlichem Masse, so geschieht die Massenzunahme auf Kosten benachbarter Organe, deren Formbildung, Grösse und Leistung modificirt, beziehungsweise beeinträchtigt werden. Somit ergibt sich das von Geoffroy St. Hilaire wenn nicht zuerst erkannte, so doch als solches bezeichnete »*principe du balancement des organes*«, mit Hülfe dessen jener Forscher sowohl zur Begründung der Lehre von den Missbildungen (Teratologie) als zu Erklärungsversuchen mancher Organisationseigenthümlichkeiten gewisser Thierformen geführt wurde.

Indessen sind die physiologisch gleichen, d. h. im Allgemeinen dieselbe Arbeit besorgenden Organe, wie z. B. das Gebiss oder der Darmcanal oder die Bewegungswerkzeuge, im Einzelnen grossen und mannichfachen Modifikationen unterworfen, und es hängt die besondere Ernährungs- und Lebensweise, die Art wie und unter welchen Verhältnissen das Leben jeder einzelnen Gattung möglich wird, von der *besondern* Einrichtung und Leistung der einzelnen Organe ab. Man kann daher nach der besondern Form und Einrichtung eines einzigen Organes oder nur eines Organtheiles auf den besondern Bau sowohl

zahlreicher anderer Organe als des gesammten Organismus zurückschliessen und das ganze Thier seiner wesentlichen Erscheinung nach gewissermassen construiren, wie das zuerst Cuvier für die Säugethiere der Vorzeit mit Hülfe spärlicher Bruchstücke von versteinerten Knochen und Zähnen in grossartigem Massstabe ausführte. Stellt man nun das Leben des Thieres und die Erhaltung der thierischen Maschine nicht einfach als Resultat, sondern als das beabsichtigte Ziel, als Zweck der besonderen Einrichtung und Leistung aller einzelnen Organe und Theile hin, so ergibt sich das Cuvier'sche »principe des causes finales« (des conditions d'existence) und mit demselben die sog. *teleologische* Betrachtungsweise, mit der wir freilich nicht zu einer mechanisch-physikalischen Erklärung gelangen. Immerhin leistet jene unter der Voraussetzung, dass es sich nicht wie im Sinne Cuvier's um einen ausserhalb der Natur gesetzten Endzweck, sondern um einen anthropomorphistischen Ausdruck für die *nothwendigen Wechselbeziehungen* zwischen Form und Leistung der Theile und des Ganzen handelt, zum Verständniss der complicirten Correlationen und der harmonischen Gliederung des Naturlebens vortreffliche und geradezu unentbehrliche Dienste.

Die Verbindungsweise der Organe und die Art ihrer gegenseitigen Lagerung jedoch ist keineswegs, wie Geoffroy St. Hilaire in seiner Theorie der Analogieen aussprach, im ganzen Thierreiche nach ein und demselben Schema durchgeführt, sondern lässt sich mit Cuvier auf verschiedene Organisations-Formen (nach der Anschauungsweise Cuvier's als »Pläne« bezeichnet), *Typen*, zurückführen, welche als die höchsten, das heisst umfassendsten und allgemeinsten Abtheilungen des Systems, durch eine Summe von Characteren in der Gestaltung und gegenseitigen Lagerung der Organe bezeichnet sind. In der gemeinsamen Grundform ihres Baues stimmen höhere und niedere Entwicklungsstufen desselben Typus überein, während ihre untergeordneten Merkmale in der mannichfachsten Weise abändern. Unter einander aber stehen diese Thierkreise in verschiedener, näherer oder entfernterer Beziehung, wie sich aus der Verwandtschaft niederer Formzustände und der Entwicklungsvorgängänge ergibt, sie repräsentiren daher keineswegs vollkommen coordinirte Gruppen.

Es ist die Aufgabe der *Morphologie*, das Gleichartige der Anlage unter den verschiedensten Verhältnissen der Organisation und Lebensart für die Thiere desselben Kreises oder Typus nachzuweisen. Diese Wissenschaft hat gegenüber den *Analogieen*, welche in den verschiedenen Kreisen auftreten und die gleichartige Leistung, die physiologische Verwandtschaft ähnlicher Organe betreffen, z. B. der Flügel des Vogels und der Flügel des Schmetterlings, die *Homologieen* zu bestimmen, das heisst die Theile von verschiedenen Organismen desselben Typus eventuell auch verschiedener Typen, welche bei einer ungleichen Form und unter abweichenden Lebensbedingungen eine verschiedene Function erfüllen, z. B. die Flügel des Vogels und die Vorderbeine des Säugethieres, als gleichwerthige Theile auf die gleiche ursprüngliche Grundform zurückzuführen. Ebenso werden die Organe gleicher Anlage, welche sich an dem Körper desselben Thieres wiederholen, wie die Vordergliedmassen und Hintergliedmassen, als *homologe* bezeichnet.

Die zusammengesetzten Organe nach Bau und Verrichtung.

Die *vegetativen Organe* umfassen im weitesten Sinne die Vorgänge der *Ernährung*, welche für jeden lebendigen Organismus nothwendig, Thieren und Pflanzen gemeinsam sind, bei den erstern aber in allmähliger Stufenfolge und im innigsten Verbande mit den immer höher vorschreitenden animalen Leistungen zu einer weit reichern und mannichfaltigern Entwicklung gelangen. An die Aufnahme von Nahrungsstoffen schliesst sich beim Thiere die Verdauung der Nahrungsstoffe an; die durch die Verdauung löslich gewordenen, assimilirbaren Stoffe werden zu einer ernährenden den Körper durchdringenden Flüssigkeit (Blut), welche in mehr oder minder bestimmten Bahnen zu allen Organen gelangt und denselben Bestandtheile abgibt, aber auch von ihnen die unbrauchbar gewordenen Zersetzungsstoffe aufnimmt und bis zu deren Ausscheidung in bestimmten Körpertheilen weiter führt. Die zur Ausführung der einzelnen Functionen der Ernährungsthätigkeit allmählig zur Sonderung gelangenden Organe sind somit: der Apparat der *Verdauung* und *Blutbildung*, die Organe des *Kreislaufs*, der *Respiration* und die *Excretionsorgane*.

Der *Verdauungsapparat* ist, falls nicht die gesammte äussere Körperhaut zur Aufsaugung der ernährenden Flüssigkeit dient (*Opalinen, Acanthocephalen, Cestoden*), im einfachsten Falle eine vom Parenchym begrenzte Aushöhlung des Leibes, welche mit einer Mundöffnung beginnt. Bei den Infusorien freilich ist anstatt dieser Leibeshöhlung eine centrale weichflüssige Sarcodemasse (Innenparenchym) vorhanden, welche von der zähern peripherischen Sarcodeschicht sich abhebt. Indessen haben wir es bei den Infusorien überhaupt noch nicht mit Zellengeweben, sondern nur mit Differenzirungen innerhalb des Protoplasma's einer Zelle zu thun. Unter den Thieren mit zellig differenzirtem Parenchym fungirt der innere Leibesraum (morphologisch keineswegs mit der Leibeshöhle der übrigen Thiere identisch) als verdauende Cavität und in seinen peripherischen, strahlig differenzirten Nebenräumen als Blut-führendes Canalsystem. Ausstülpungen der Leibeswand, eventuell mit Ausläufern der centralen Cavitäten, treten im Umkreis der Mundöffnung hervor und werden als Fangarme zu Organen des Nahrungserwerbes (*Hydroidpolypen*). Bei den grössern Polypen (*Anthozoen*) hängt freilich von der Mundöffnung noch ein Rohr (Umstülpung des Mundsaums) in den Centraltheil der Verdauungshöhle hinein, welches man als Magenrohr bezeichnet hat, obwohl es nur zur Zuleitung der Nahrungsstoffe, also mehr als Mund- oder Oesophagealrohr dient. Erhält die verdauende Cavität ihre selbständige von der Körperwandung abgesetzte und meist durch eine Leibeshöhle getrennte Wandung, so erscheint dieselbe im einfachsten Falle als ein blindgeschlossener, einfacher, gablig getheilter oder verästelter Schlauch, häufig mit abgegrenztem Schlunde (*Trematoden*), oder als ein mit einer Afteröffnung (After) ausmündender Darmcanal. Im letztern Falle tritt eine weitere Gliederung ein, welche mindestens zur Unterscheidung von drei Abschnitten führt, des Munddarmes (Speiseröhre) zur Einleitung der Nahrung, des Chylusdarmes zur Verdauung und des Enddarmes zur Ausführung der Speisereste.

Schon bei diesen einfachen Formen der verdauenden Cavität treten Organe der Nahrungszufuhr auf, es sind vor dem Mund gelegene, radiär oder bilateral angeordnete Anhänge oder Fortsätze des Leibes, welche durch Herbeistrudeln kleiner Nahrungstheile wirken oder als Arme fremde Körper ergreifen und in den Mund führen (*Polypen*, *Quallen*). Auch können solche zum Fangen der Beute dienende Anhänge von dem Mund weiter entfernt liegen (Fangfäden der *Medusen*, *Siphonophoren*, *Ctenophoren*).

Bei höhern Thieren wird in der Regel nicht nur die Zahl der Abschnitte eine grössere, sondern auch ihre Form und Ausstattung eine mannichfaltigere. Auch gestalten sich die Organe des Nahrungserwerbes complicirter. Am Munddarm grenzt sich eine *Mundhöhle* ab, vor oder innerhalb welcher feste Bildungen als Kiefer und Zähne das Erfassen und Zerkleinern (*Vertebraten*, *Gastropoden*) der Nahrungsstoffe besorgen. In andern Fällen liegt der Kauapparat ausserhalb des Körpers vor dem Munde, durch kieferartige Extremitätenpaare gebildet (*Arthropoden*) oder auch zum Stechen und Saugen umgestaltet (*Schmarotzer*), oder derselbe rückt in einen Theil des Schlundes (*Rotiferen*) ja selbst in einen erweiterten musculösen Abschnitt am Ende des Schlundes (*Nematoden*, *Krebse*) hinab. An dieser Stelle bildet sich meist ein *Magen* als besonderer Abschnitt hervor, welcher unter nochmaliger mechanischer Bearbeitung oder auch durch Absonderung von Secreten die Verdauung einleitet, beziehungsweise beiderlei Functionen vereinigt (*Vögel*) und dann den Speisebrei in den *Chylusdarm* überführt. Durch Erweiterungen und Ausstülpungen entstehen an der Mundhöhle Kehlsäcke, Backentaschen, am Oesophagus Kropfbildungen und am Magen Blindsäcke, sämmtlich als Nahrungsreservoirs zur vorübergehenden Aufbewahrung der aufgenommenen Nahrung (Magen des Wiederkäuers).

Der mittlere Abschnitt des Verdauungscanals, den man als Magendarm oder besser *Chylusdarm* zu bezeichnen hat, bringt die bereits durch den Zufluss von Säften der Mundhöhle (Speichel) und des Magens (Labdrüsen) eingeleitete Verdauung zum Abschluss; aus dem noch unfertigen Nahrungsbrei (*Chymus*) werden durch weitere chemische Einwirkung zufliessender Secrete (Pancreas, Darmsaft), welche wie das Secret der Labdrüsen vornehmlich die Eiweissstoffe in lösliche Modifikationen überführen, die zur Resorption geeigneten Nahrungssäfte in Lösung gewonnen und als Chylus von der Darmwandung aufgesaugt. Nicht selten gliedert sich der Mitteldarm wieder in untergeordnete Abschnitte verschiedener Beschaffenheit, wie man beispielsweise am Säugethierdarm ein Duodenum, Jejunum und Ileum unterscheidet. Schärfer noch setzen sich verschiedene Abschnitte bei wirbellosen Thieren ab.

Der Afterdarm endlich, vom Mitteldarm nicht immer scharf abgesetzt, hat die Bedeutung der Ansammlung und Ausstossung der Kothreste. Anfangs von nur geringer Ausdehnung, erlangt derselbe bei höhern Thieren eine bedeutendere Länge, beginnt mit einem (Säugethiere) oder zwei Blinddärmen (Vögel) und kann sich wieder in mehrere Abschnitte (Dickdarm, Mastdarm) gliedern und an seinem Ende mit Drüsen mancherlei Art (Harn- und Geschlechtsorgane, Analdrüsen) in Verbindung treten.

Auf Ausstülpungen, welche sich durch weitere Differenzirung zu Anhangsdrüsen entwickelt haben, sind die *Speicheldrüsen*, die *Leber* und das *Pancreas* zurückzuführen. Die erstern ergiessen ihr Secret in die Mundhöhle und dienen zur Verflüssigung, aber auch bereits zur chemischen Veränderung der aufgenommenen Nahrung, insbesondere zur Umwandlung von Amylum in Zucker. Dieselben fehlen zahlreichen Wasserthieren und sind besonders mächtig bei den Pflanzenfressern ausgebildet. Die auf einer höhern Entwicklungsstufe durch ihren sehr bedeutenden Umfang ausgezeichnete Leber ist das Organ der Gallenbereitung und findet sich als Anhangsdrüse am Anfang des verdauenden Dünndarmes oder Magendarmes. In ihrer ersten Anlage durch einen characteristisch gefärbten Theil des Leibesraumes oder der Darmwandung vertreten (*Coelenteraten*, *Würmer*), erhebt sie sich zuerst in Form kleiner blindsackähnlicher Schläuche (kleine Krebse) und erlangt durch weitere Verzweigung derselben eine complicirte Ausbildung von Gängen und Follikeln, welche in sehr verschiedener Weise selbst zu einem scheinbar compacten Organe zusammengedrängt sein können. Immerhin muss man im Auge behalten, dass mit dem Namen »Leber« in den verschiedenen Typen der Thiere sehr verschiedene morphologisch und physiologisch nicht auf einander reducirbare Drüsen bezeichnet werden. Während bei den Wirbelthieren die Leber als gallenbereitendes Organ keine nachweisbare, wesentliche Beziehung zur Verdauung besitzt, dürften die Secrete mancher Anhangsdrüsen, die bei Wirbellosen als Leber gedeutet werden, auf Stärke und Eiweissstoffe eine verdauende Wirkung ausüben, wenn sie auch ähnliche Nebenproducte und Farbstoffe als die Galle der Vertebraten enthalten mögen (Krebse, Mollusken).

Der durch die Verdauung gewonnene Nahrungssaft verbreitet sich in einem System von Räumen nach allen Theilen des Körpers. Sehen wir von den Protozoen ab, deren aus Sarcode gebildeter Leib sich rücksichtlich der Vertheilung des Nahrungssaftes ähnlich wie die Gewebseinheit, die Zelle, verhält, so ist es bei den Thieren mit zellig gesonderten Geweben im einfachsten Falle die Verdauungshöhle selbst, besonders in ihren peripherischen Partieen (*Coelenteraten*), welche die Blutflüssigkeit überall hinleitet (Gastrovasculartaschen der Polypen, sog. Gefässe der Medusen und Rippenquallen). Was man als »Magenrohr« dieser Thiere bezeichnet, ist die in den centralen Gastralraum vortretende Einstülpung der Leibeswand (dem Munddarm höherer Thiere vergleichbar).

Mit der Ausbildung eines gesonderten Darmcanales dringt die Ernährungsflüssigkeit durch die Wandungen desselben in das umgebende bindegewebige Leibesparenchym (parenchymatöse Würmer) oder in den zwischen Körperwandung und Darm entwickelten Leibesraum ein und erfüllt als *Blut*, in welchem fast überall Blutkörperchen als im Organismus gebildete Zellen auftreten, die Lücken und Gänge zwischen den verschiedenen Organen und Geweben. In diesen unregelmässigen Räumen bewegt sich das Blut anfangs noch unregelmässig mit den Bewegungen des gesammten Körpers, z. B. bei manchen *Würmern*, hauptsächlich unter dem Einflusse der Contractionen des Hautmuskelschlauches, oder es dienen Schwingungen und Bewegungen anderer Organe, z. B. des Darmcanales, zugleich zur Circulation des Blutstromes (*Cyclops*).

Auf einer weiteren Stufe treten die ersten Anfänge von Organen des Kreislaufs auf, indem sich Abschnitte der Blutbahn mit einer besonderen Muskelwandung umkleiden und als pulsirende Herzen eine rhythmische und regelmässige Strömung des Blutes unterhalten. Entweder ist dieses Herz *sackförmig* mit 2 seitlichen, sowie mit vorderer Spaltöffnung (*Daphnia*, *Pontella*) oder gefässartig verlängert, gekammert und mit zahlreichen Paaren von Spaltöffnungen versehen (*Insecten*, *Apus*). Indessen gibt es zwischen beiden Extremen Zwischenformen mit schlauchförmigen Herzen und einer beschränkten Zahl seitlicher Spaltöffnungen (*Isopoden*, *Spinnen*).

Von dem Herzen als dem Centralorgane des Blutkreislaufes aus entwickeln sich dann bestimmt umgrenzte Canäle zu *Blutgefässen*, welche bei den Wirbellosen meist noch mit wandungslosen Lacunen des Leibes wechseln, bei den Wirbelthieren aber als ein abgeschlossenes Gefässsystem die Leibesräume durchsetzen. Es kann auch vorkommen, dass bei fehlendem Herzen ein sehr entwickeltes System von Gefässen vorhanden ist und ein Theil der Gefässe selbst pulsirt (*Anneliden*, *Amphioxus*). Tritt das Herz aber als ein durch Muskulatur und Pulsirung bestimmt begrenzter Abschnitt des Gefässsystemes auf, so unterscheidet man die vom Herzen ausgehenden, das Blut abführenden Bahnen als *Arterien*, die freilich erst später auftretenden zurückführenden Canäle mit meist schlafferer Wandung als *Venen*; beide können entweder durch wandungslose Räume und Lacunen, oder durch besondere zarte Canälchen, die Haargefässe oder *Capillaren*, verbunden sein; im letztern Falle bezeichnet man das Gefässsystem als vollkommen geschlossen (*Wirbelthiere*) und unterscheidet dann noch ein besonderes System von *Chylus-* und *Lymphgefässen*, welche als wandungslose Lücken zwischen den Geweben beginnend, das Blut durch Aufsaugung sowohl der vom Darm aus eingezogenen Nahrungsflüssigkeit (*Chylus*), als der durch die Capillaren in die Gewebe hindurchgeschwitzten Säfte (*Lymphe*) ergänzen. Eigenthümliche in die Lymph- und Chylusbahnen eingeschobene drüsenartige Organe, in welchen die helle Lymphe ihre körperlichen Elemente (Chyluskörperchen = Farblose Blutkörperchen) empfängt, sind unter dem Namen Lymphdrüsen bekannt (Milz, Blutgefässdrüsen).

Ausser der beständigen Erneuerung des Blutes durch aufgenommene Nahrungssäfte bedarf dasselbe zur Erhaltung seiner Eigenschaften der fortgesetzten Zufuhr eines Gases, des *Sauerstoffes*, mit dessen Aufnahme zugleich die Abgabe von *Kohlensäure* (und Wasserdampf), eines Endproductes des Stoffwechsels im Organismus, verbunden ist. Der Austausch beiderlei Gase zwischen dem Blute des thierischen Körpers und dem äussern Medium ist der wesentliche Vorgang des *Athmungs*processes und geschieht durch die Athmungs- oder *Respirations*organe, welche entweder für die Luftathmung oder für die Athmung im Wasser eingerichtet sind. Im einfachsten Falle besorgt die gesammte äussere Körperbedeckung den Austausch beider Gase, wie auch überall da, wo besondere Respirationsorgane auftreten, die äussere Haut bei der Athmung mit in Betracht kommt. Auch können innere Flächen, insbesondere die der verdauenden Cavität und des Darmes, sowie bei Ausbildung eines gesonderten Blutgefässsystemes die gesammte Leibeshöhle (*Echinodermen*) bei diesem Austausch betheiligt sein. Die Athmung im Wasser stellt sich natürlich weit un-

günstiger für die Zufuhr des Sauerstoffes heraus, als die directe Athmung in der Luft, weil nur die geringen Mengen von Sauerstoff, welche der im Wasser vertheilten Luft zugehören, in Verwendung kommen können. Daher findet sich diese Form der Athmung bei Thieren mit minder energischem Stoffwechsel und tieferer Lebensstufe (*Würmer*, *Mollusken*, *Fische*). Die Organe der sog. Wasserathmung sind äussere, möglichst flächenhaft entwickelte Anhänge, welche aus einfachen oder geweihförmigen oder dendritisch verästelten Schläuchen oder aus lanzetförmigen dicht nebeneinander gedrängten, eine grosse Oberfläche bildenden Blättchen bestehen, die *Kiemen*. Die Organe der Luftathmung dagegen entwickeln sich als Einstülpungen im Innern des Körpers und bieten ebenfalls die Bedingungen einer bedeutenden Flächenwirkung zum endosmotischen Austausch zwischen Luft und den Blutgasen. Dieselben sind entweder *Lungen* und erscheinen dann entweder als hohle dicht neben einander gestellte Fächer, welche im Blute schwimmen (*Spinnen*), oder wie bei den Wirbelthieren als geräumige Säcke mit alveolärer oder schwammiger, zahlreiche Septen und Balken erzeugender Wandung, welche ein äusserst reiches Netzwerk von Capillaren trägt, oder sie sind *Luftröhren*, *Tracheen*, und bilden als solche ein im ganzen Körper verästeltes System von Röhren, welche die Luft nach allen Organen hinführen; dort ist die Respiration localisirt, hier überall auf alle Gewebe und Organe des Körpers ausgedehnt, welche von feinen Tracheennetzen umsponnen werden. In die Organe der Luftathmung führen naturgemäss Oeffnungen der Körperwand, entweder in grösserer Zahl von Paaren und dann stets direct und unmittelbar (*Stigmen* der Insekten, Spinnen), oder der Zahl nach beschränkt und mittelst complicirter zu manchen Nebenleistungen verwendeter Vorräume (Nasenhöhlen der Vertebraten). Indessen können bei wasserlebenden Insekten die Tracheen der Einmündungsöffnungen entbehren und an bestimmten Stellen des Körpers ihren Sauerstoff durch Kiemenähnliche mit dichtem Tracheennetz erfüllte Anhänge aus dem Wasser aufnehmen (*Kiementracheen*, *Ephemera-*, *Libellen*larve etc.).

Uebrigens ist der Athmungsvorgang an Kiemen- wie Lungen-Oberfläche im Grunde derselbe. Wenn man bei Lungenschnecken (*Lymnaeus*) wahrnimmt, dass die Respirationsfläche nach Füllung des Lungenraums mit Wasser (sowohl im jugendlichen Zustand als unter besondern Lebensbedingungen wie Aufenthalt in der Tiefe des Wassers auch dauernd) ähnlich wie die Fläche einer Kieme athmet, wird man es nicht auffallend finden, wenn in gleicher Weise Kiemen und verästelte Hautwucherungen, welche ihrer Natur nach zur Athmung im Wasser bestimmt sind, falls sie in feuchtem Luftraum durch ununterbrochene Befeuchtung wie durch interne Blutfüllung vor Einschrumpfen und Trockniss geschützt bleiben, wie Lungen sich verhalten (*Krabben*, *Birgus latro*, *Labyrinthfische*).

Für den Austausch der Gase ist der rasche Wechsel des den Sauerstoff tragenden Mediums, welches die respiratorischen Flächen umgibt, von der grössten Bedeutung. Wir treffen daher sehr häufig besondere Einrichtungen an, durch welche sowohl die Entfernung der bereits verwendeten, des Sauerstoffs beraubten und von Kohlensäure-gesättigten Theile bewirkt, als der Zufluss neuer Sauerstoff-haltigen und von Kohlensäure freier Mengen des respiratorischen Mediums herbeigeführt wird. Im einfachsten Falle kann diese

Erneuerung wenn auch minder vollständig durch die Bewegung des Körpers oder durch continuirliche Schwingungen der Kiemenanhänge herbeigeführt werden, durch Bewegungen, welche nebenher noch nicht selten, falls die respiratorischen Flächen in der Umgebung des Mundes angebracht sind, als Strudelung (*Anneliden*) zur Herbeischaffung der Nahrung in Verwendung kommen. Sehr häufig sitzen die Kiemen als Anhänge den Bewegungsorganen z. B. den Schwimm- oder Gehfüssen an (Krebse, Anneliden). Complicirter gestalten sich die Einrichtungen, wenn die Kiemen in besonderen Räumen eingeschlossen liegen (Fische, Decapoden) oder wenn die Athmungsorgane selbst, wie dies für die Tracheen und Lungen gilt, innere Höhlungen des Leibes sind, die in mehr oder minder regelmässigem Wechsel ausgepumpt und mit frischer Luft erfüllt werden müssen. Hier wie dort sind es Bewegungen benachbarter Körpertheile (Decapoden, Fische) oder rhythmische Verengerungen und Erweiterungen der Lufträume, sog. *Athembewegungen*, welche die Erneuerung des respiratorischen Mediums reguliren. Von diesen zunächst vornehmlich bei den Luft-athmenden Thieren in die Augen fallenden Bewegungen ist die Bezeichnung *Athmung* oder *Respiration* auf den erst secundär von der Luft-Einfuhr und Ausfuhr abhängigen endosmotischen Process der Sauerstoff-Aufnahme und Abgabe übertragen worden und in diesem Sinne streng genommen um so weniger zutreffend, als es sich bei den Respirationsbewegungen der mit Kiemenräumen versehenen Thieren um Ein- und Ausströmung von Wasser handelt.

Bei den höhern Thieren mit rothem Blute ist der Unterschied der Blutbeschaffenheit vor und nach dem Durchtritt des Blutes durch die Athmungsorgane ein so auffallender, dass man schon an der Färbung das Kohlensäure reiche Blut von dem Sauerstoff reichen sofort zu erkennen vermag. Das erstere ist dunkelroth und wird schlechthin als venöses bezeichnet, das aus dem Kiemen oder Lungen ausströmende Blut hingegen hat eine intensiv hellrothe Färbung und führt den Namen arterielles Blut. Während wir oben die Bezeichnung *venös* und *arteriell* im anatomischen Sinne gebrauchten, um die Natur der Blutgefässe zu bezeichnen, je nachdem sie das Blut zum Herzen hinführen oder dasselbe vom Herzen wegführen, haben wir hier den gleichen Namen im physiologischen Sinne zu nehmen als Ausdruck für die beiderlei Blutsorten vor und nach dem Durchtritt durch das Respirationsorgan. Da dieses letztere aber entweder in die Bahnen der venösen oder arteriellen Gefässe eingeschoben ist, so muss es im erstern Falle venöse (Mollusken und Vertebraten) Gefässe geben, welche arterielles Blut, im letztern Falle (Vertebraten) arterielle Gefässe, welche venöses Blut führen.

Die Intensität der Athmung steht, wie bereits hervorgehoben wurde, in geradem Verhältniss zur Energie des Stoffwechsels. Thiere mit Kiemenathmung und spärlicher Sauerstoffaufnahme sind nicht im Stande. grosse Mengen von organischen Bestandtheilen zu verbrennen und können nur ein geringes Quantum von Spannkräften in lebendige Kräfte umsetzen. Dieselben erzeugen daher nicht nur verhältnissmässig wenig Muskel- und Nervenarbeit, sondern produciren auch in nur geringem Maasse die eigenthümlichen als Wärme sich darstellenden

Molekularbewegungen. Thiere aber mit spärlicher Wärmebildung, deren Quelle nicht etwa, wie man früher irrthümlich glaubte, in den Respirationsorganen, sondern in den thätigen Geweben zu suchen ist, vermögen nicht ihre selbsterzeugte Wärme den Temperatureinflüssen des umgebenden Mediums gegenüber selbständig zu bewahren. Und dies gilt auch für Luft-athmende Thiere mit intensivem Stoffwechsel und reichlicher Wärmebildung, wenn sie in Folge ihrer sehr geringen Körpergrösse eine bedeutende Wärme-ausstrahlende Oberfläche darbieten (Insecten). Bei dem beständigen Wärmeaustausch zwischen thierischem Körper und umgebenden Medium muss bei Thieren mit geringer Wärmeproduktion, sowie auch bei solchen mit grösserer Wärmeerzeugung, aber von geringer Körpergrösse und nicht wärmeschützender Oberfläche die Temperatur des äussern Mediums massgebend sein für die Temperatur des thier schen Körpers und diese mit jener bald steigen bald sinken. Daher erscheinen die meisten sog. niederen Thiere als *Wechselwarme* [1]) oder wie man sie minder treffend bezeichnet hat, als *Kaltblüter.* Die höhern Thiere dagegen, welche bei hoch entwickelten Respirationsorganen und energischem Stoffwechsel eine bedeuteude Menge von Wärme erzeugen und durch Körpergrösse wie durch Behaarung oder Befiederung der Haut vor rascher Ausstrahlung geschützt sind, vermögen sich einen Theil der erzeugten Wärme unabhängig vom Sinken und Steigen der Temperatur des umgebenden Mediums als *constante Eigenwärme* zu erhalten. Man bezeichnet daher diese Thiere als *Homöotherme* oder *Warmblüter.* Da für dieselben eine hohe nur innerhalb geringer Grenzen variirende Eigenwärme zugleich nothwendige Bedingung für den normalen Verlauf der Lebensvorgänge, beziehungsweise für die Erhaltung des Lebens erscheint, so muss der Organismus in sich selbst eine Reihe von Regulatoren besitzen, um bei höherer Temperatur des umgebenden Mediums die Production von Eigenwärme zu vermindern (Herabsetzung des Stoffwechsels), beziehungsweise durch vermehrte Wärmeausstrahlung (Verdunsten der Secrete der Schweissdrüsen, Abkühlung im Wasser) den Wärmezustand zu steigern und, umgekehrt bei verminderter Temperatur die Wärmeproduction zu erhöhen (Steigerung des Stoffwechsels durch reichere Nahrungsaufnahme, raschere Bewegung) eventuell zugleich durch Ausbildung eines besseren Wärmeschutzes den Wärmeverlust zu mindern. Wo die Bedingungen zur Wirksamkeit dieser Regulatoren genommen sind (Mangel an Nahrung, geringe Körpergrösse ohne Wärmeschutz), finden wir ein Correktiv zur Erhaltung des Lebens in der Erscheinung des Winterschlafs (Sommerschlafs) und da wo der Organismus keine zeitweilige Herabsetzung des Stoffwechsels verträgt, in dem Vorgang der Wanderung und des Zuges (Zugvögel, Strichvögel).

Die Athmungsorgane stehen in gewisser Beziehung vermittelnd zwischen den Organen der Ernährung und Ausscheidung, indem sie Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure abgeben. Ausser diesem Gas werden aber eine Menge von Auswurfsstoffen des Organismus, welche aus der Körpersubstanz in das Blut

---

1) Vergl. Bergmann, Ueber die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. Göttinger Studien. 1847; ferner Bergmann und Leuckart, Anatomisch-physiologische Uebersicht des Thierreichs. Stuttgart. 1852.

eintreten, meist in flüssiger Form aus demselben ausgeschieden. Diese Function besorgen die *Excretionsorgane*, Drüsen von einfachem oder complicirtem Baue, welche als Einstülpungen der äussern Haut oder der innern Darmfläche sich auf einfache oder verästelte Röhren, auf traubige und aus Läppchen zusammengesetzte Schläuche zurückführen lassen.

Unter den mannichfachen Stoffen, welche mit Hülfe der Epitelialauskleidung der Drüsenwandungen aus dem Blute entfernt, zuweilen auch noch zu verschiedenen Nebenleistungen verwendet werden, erscheinen die stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte des Körpers besonders wichtig. Die Organe, welche diese Endproducte des Stoffwechsels ausscheiden, sind die *Harnorgane* oder *Nieren*. Unter den niedern Würmern durch die sog. *Wassergefässe* vertreten, erscheinen dieselben bei den Gliederwürmern als schleifenförmig gewundene und nach den Segmenten sich wiederholende Drüsengänge, *Segmentalorgane*. Auf dieselben sind wahrscheinlich die sog. *Schalendrüsen* der Krebse als Ueberreste zurückzuführen. Bei den Luft-athmenden *Arthropoden* sind die Harnorgane Anhangscanäle des Darmcanales (*Malpighische Gefässe*), während sie bei den *Mollusken* und *Wirbelthieren* als *Nieren* zu einer grössern Selbstständigkeit gelangen und meist in besonderen Oeffnungen, bei den Wirbelthieren häufig mit dem Geschlechtsapparat vereinigt nach aussen münden. Doch auch hier werden diese Organe durch schleifenförmig gewundene vielleicht mit den Segmentalorganen der Gliederwürmer homologe Organe vorbereitet.

Sehr allgemein vermittelt die äussere Körperfläche besondere Ausscheidungen, die freilich häufig noch wichtige Leistungen für den Haushalt des Thieres besorgen und vornehmlich als Waffen zum Schutze und zur Vertheidigung in Verwendung kommen können, wie dies aber auch für Excretionen gilt, welche von Anhangsdrüsen am Anfangs- oder Endtheil der Darmfläche abgesondert werden (Speicheldrüsen, Giftdrüsen, Sericterien, Analdrüsen). In die Kategorie der Hautdrüsen gehören in erster Linie die Schweiss- und Talgdrüsen der Säugethiere, von denen jene in Folge der leichten Verdunstung des flüssigen Secretes auch für die Abkühlung des Körpers von Bedeutung sind, diese das Integument und seine besondere Bekleidung weich und geschmeidig erhalten. Als eine dichte Anhäufung der letztern kann man die Bürzeldrüsen der Wasservögel in Betracht ziehen, deren Aufgabe es ist, das Gefieder einzuölen und beim Schwimmen des Thieres vor Durchtränkung zu schützen. Auch die einzelligen und gehäuften Hautdrüsen, welche sich in so grosser Verbreitung bei Insekten finden, gehören grossentheils in die Kategorie der Oel- und Fettdrüsen. Kalk- und Pigment-absondernde Zellenanhäufungen finden sich vornehmlich in dem Körperintegumente der Weichthiere verbreitet und dienen zum Aufbau der so schön gefärbten und mannichfach geformten Schalen und Gehäuse. Auch zum Nahrungserwerbe können Drüsen und Drüsencomplexe der Haut Beziehung haben (Spinndrüsen der *Araneen*). Sehr verbreitet sind endlich Schleim absondernde Hautdrüsen bei Thieren, welche an feuchten Oertlichkeiten (Amphibien, Schnecken) und im Wasser leben (Fische, Anneliden, Medusen).

Animale Organe.

Unter den *animalen Verrichtungen*, welche dem Thiere als solchem im Gegensatze zu der Pflanze eigenthümlich sind, fällt zunächst am meisten die Locomotion in die Augen. Die Thiere führen zum Zwecke des Nahrungserwerbes und um Angriffen zu entgehen, Bewegungen ihres Körpers aus, im einfachsten Falle durch die Contractilität des gleichartigen Parenchyms (*Protoplasma, Sarcode*). Zur Unterstützung der Bewegung im Wasser treten dann als die einfachsten Anhänge des Körpers *Cilien* auf, sowohl bei Thieren, deren contractiles Parenchym Sarcode ist (*Infusorien*) als bei vorgeschrittenerer Differenzirung der bewegenden Leibessubstanz. Dieselbe erscheint auf einer bereits höheren Stufe als Muskelgewebe differenzirt, dessen Formen wir bereits oben betrachtet haben. Die zunächst zur Locomotion des Leibes in Verwendung kommende Musculatur erscheint in der Regel und namentlich bei den einfachern Formen der Bewegung mit der äussern Haut innig verwebt und bildet einen Hautmuskelschlauch (*Würmer*), dessen abwechselnde Verkürzung und Verlängerung den Körper fortbewegt. Auch kann die Musculatur auf einen Theil der Haut, welcher die Lage der Bauchfläche bestimmt, besonders concentrirt sein und einem fussähnlichen Bewegungsorgan seine Entstehung geben (*Mollusken*), oder in verschiedene sich hintereinander wiederholende Muskelgruppen zerfallen (*Anneliden, Arthropoden, Vertebraten*). Der letztere Fall bereitet schon eine rasche und vollkommnere Bewegungsart vor, indem sich feste in der Längsachse auf einander folgende Abschnitte der Haut, oder auch eines innern erhärteten Gewebsstranges als Segmente oder Ringe sondern, welche durch die Muskelgruppen verschoben werden und feste Stützpuncte zu einer kräftigen Muskelwirkung darbieten.

Mit dem Auftreten dieser *Skeletbildungen*, welche theils als *äussere Ringe* durch Erhärtung der Körperhaut (*Chitin*) ihren Ursprung nehmen, theils im Innern des Körpers (*Knorpel, Knochen*) als *Wirbel* zur Entwicklung gelangen und in beiden Fällen eine Gliederung in der Längsachse des Rumpfes nothwendig voraussetzen, überträgt sich allmählig die zur Locomotion erforderliche Musculatur von der Hauptachse des Leibes auf Nebenachsen desselben und gewinnt auf diesem Wege die Bedingungen zur Ausführung der schwierigsten und vollkommensten Formen der Fortbewegung. Die festen Theile in der Längsachse des Rumpfes verlieren dann ihre ursprüngliche gleichartige Gliederung, erhalten eine ungleichartige Form, verschmelzen theilweise und bilden verschiedene feste Regionen (Kopf, Hals, Brust, Leib etc.), im Allgemeinen durch ein ziemlich starres Skelet in der Hauptachse des Körpers ausgezeichnet, welches durch die ausgreifenden Verschiebungen paariger *Extremitäten* oder *Gliedmassen* in weit vollendeterm Grade fortbewegt wird. Natürlich besitzen auch die Gliedmassen ihre festen Stützen für die Muskelwirkung als äussere oder als innere, mit dem *Achsenskelet* mehr oder minder fest verbundene, meist säulenartig verlängerte feste Hebel.

Die *Empfindung*, die wesentlichste Eigenschaft des Thieres, knüpft sich ebenso wie die Bewegung an bestimmte Gewebe und Organe, an das *Nerven-*

system. Da wo sich ein solches noch nicht aus der gemeinsamen contractilen Grundmasse (*Sarcode*) oder dem gleichartigen Zellenparenchym des Leibes gesondert hat, werden wir die ersten Anfänge einer dem Organismus zur Wahrnehmung kommenden Reizbarkeit voraussetzen dürfen, die wir kaum als Empfindung bezeichnen können, denn die Empfindung setzt das Bewusstsein von der Einheit des Körpers voraus, welches wir den einfachsten Thieren ohne ein gesondertes Nervensystem kaum zuschreiben werden. Mit dem Auftreten von Muskeln werden in der Regel auch die Gewebe des Nervensystemes zur Sonderung kommen; dass wir jedoch die erste Differenzirung beider Gewebe in den sog. *Neuromuskelzellen* der Süsswasserpolypen und Medusen zu erkennen haben, ist durch neuere Untersuchungen höchst unwahrscheinlich gemacht.

Die Anordnung des Nervensystems lässt sich auf drei Grundformen zurückführen: 1) die radiäre der *Strahlthiere;* 2) die bilaterale der *Gliederthiere* und *Mollusken;* 3) die bilaterale der *Wirbelthiere.* Im erstern Falle wiederholen sich die Centralorgane in den Radien, bei den *Echinodermen* als sog. Ambulacralgehirne, und werden durch eine um den Schlund verlaufende wohl auch Ganglienzellen enthaltende Commissur verbunden. Die bilaterale Anordnung des Nervensystems setzt eine unpaare oder paarige Ganglienmasse voraus, welche am vordern Körperpole über dem Schlunde liegt und schlechthin als oberes Schlundganglion oder Gehirn bezeichnet wird. Von diesem Centrum strahlen im einfachsten Falle (*Turbellarien*, niedere *Mollusken*) Nerven in seitlich symmetrischer Vertheilung aus. Auf einer höhern Stufe tritt ein Nervenring um den Schlund und ein zweites unter dem Schlunde gelegenes Ganglion hinzu, welches auch mit dem Gehirn zu einer gemeinsamen Ganglienmasse verschmolzen sein kann (*Gliederthiere*, *Mollusken*). Endlich bei auftretender Gliederung des Körpers vermehrt sich die Zahl der Ganglien, und es kommt zum Gehirn ein *Bauchmark,* entweder als Bauchstrang (*Sipunculiden*) oder als homonome (*Anneliden*), beziehungsweise heteronome (*Arthropoden*) *Ganglienkette* hinzu. Auch hier kann wieder eine grössere Concentration der Nervencentra durch Verschmelzung des Gehirnes und Bauchmarkes herbeigeführt werden (zahlreiche *Arthropoden*). Bei den Wirbelthieren ordnen sich die Nervencentra auf der Rückenseite zu dem als *Rückenmark* bekannten Strange an, dessen Gliederung in der mehr oder minder gleichmässigen Wiederholung der austretenden Nervenpaare ihren Ausdruck erhält. Der vorderste Theil des Rückenmarks erweitert und differenzirt sich mit Ausnahme von *Amphioxus* zu der Bildung des Gehirnes.

Als ein verhältnissmässig selbständiger Theil des Nervensystemes sondert sich bei den höher organisirten Thieren das sog. sympathische oder *Eingeweidenervensystem* (*Sympathicus*). Dasselbe bildet Ganglien und Geflechte von Nerven, welche zwar in inniger Verbindung mit den Centraltheilen des Nervensystemes stehen, aber vom Willen des Thieres unabhängig, die Organe der Verdauung, Circulation und Respiration, sowie die Geschlechtsorgane innerviren.

Das Nervensystem besitzt noch peripherische Apparate, deren Function es ist, gewisse Verhältnisse der Aussenwelt als Eindrücke eines bestimmten Modus der Empfindung (Sinnesenergien [1]) Joh. Müll.) zur Perception zu bringen, die

1) Im Gegensatz zu dem Qualitätenkreis der Empfindung innerhalb jedes Sinnesorganes (Farben, Töne).

Sinnesorgane. Gewöhnlich sind es eigenthümlich gestaltete Anhäufungen von Haar- oder Stäbchen-förmigen, mit Ganglienzellen durch Fibrillen verbundene Nervenenden (Haarzellen, Stäbchenzellen der Sinnesepitelien), durch welche unter dem Einflusse äusserer Einwirkungen eine Bewegung der Nervensubstanz eingeleitet wird, welche, nach dem Centralorgan fortgeleitet, in diesem als specifische Sinnesempfindung zum Bewusstsein gelangt. Auch sind an oder auf diesen Endzellen häufig Cuticularbildungen gelagert, welche eine Beziehung zur Uebertragung äusserer Bewegungsvorgänge auf die nervöse Substanz haben (Retinastäbchen). Diese Sinnesempfindungen werden sich ganz allmählig aus dem Gemeingefühle (Behagen, Unbehagen, Lust, Schmerz) abheben, d. h. sensibele Nerven werden durch die besondere Form der Empfindung zu sensoriellen oder Sinnesnerven geworden sein. Aber erst auf einer höhern Entwicklungsstufe können die Sinnesperceptionen mit denen unseres eigenen Körpers dem Modus nach verglichen werden. Desshalb aber vermögen wir die Sinnesenergien niederer Thiere nur überaus unsicher und relativ zu beurtheilen, und es ist sehr wahrscheinlich, dass es auf dem Gebiete des niederen Thierlebens eine Menge von Empfindungsformen gibt, für die wir vermöge der hohen aber einseitigen Gestaltung unserer eigenen Sinne kein Verständniss haben und dass die Zahl der Sinnesempfindungen eine viel grössere ist. Besonders bedeutungsvoll für die erste Entwicklung von Sinnesepitelien im Zusammenhang mit gangliösen Zellen und Nervenfibrillen sind die *Medusen*, in deren verdicktem Ectoderm diese beiderlei differenten Zellelemente an den Randkörpern zur Sonderung gelangen.

Am meisten mag unter den Sinnen der *Gefühl-* und *Tastsinn* verbreitet sein, in welchem wir jedoch eine Reihe von Empfindungen mit vereinigt sehn. Derselbe liegt theils über die gesammte Körperoberfläche verbreitet, theils auf Verlängerungen und Anhängen derselben concentrirt. Diese erheben sich bei den *Coelenteraten, Echinodermen* und *Acephalen* als *Tentakeln* in der Peripherie des Leibes, bei den Thieren mit gesondertem Kopfe sind sie contractile oder starre und dann gegliederte Fortsätze des Kopfes, sog. *Fühler* oder *Antennen*, welche sich bei den Würmern als paarige *Cirren* an allen Leibessegmenten wiederholen können. Bei einer höhern Ausbildung des Nervensystems ist man auch im Stande, besondere Nerven der Haut und der Tastorgane mit ihren Endigungen nachzuweisen; bei den *Arthropoden* sind es meist Borsten oder Zapfen, welche als Cuticularanhänge über der gangliösen Endanschwellung eines Tastnerven liegen und den mechanischen Druck von ihrer Spitze nach dem Nerven fortpflanzen, bei höheren *Wirbelthieren* sind es Papillen der Haut, in welchen die als Tastkörper bekannten Gebilde mit den Enden der Tastnerven liegen. Ausser dem allgemeinen Gefühle und der Tastempfindung tritt bei den höhern Thieren das Unterscheidungsvermögen der Temperatur als besondere Form des Gefühles hinzu.

Von dem Gefühl- und Tastsinn hebt sich ab die *Schallperception*, vermittelt durch das *Gehörorgan*. Dasselbe erscheint in seiner einfachsten Form als eine geschlossene, mit Flüssigkeit und meist beweglich zitternden kalkigen Concrementen (*Otolithen*) erfüllte Blase, an deren Wandung die empfindende Nervensubstanz mit Stäbchen oder Haarzellen endet. Bald liegt die Blase

einem Ganglion des Nervencentrums (*Würmer*) an, bald liegt sie am Ende eines besonderen Nerven (*Nervus acusticus*) (*Heteropoden*). Bei den im Wasser lebenden Thieren kann auch die Blase geöffnet sein, und ihr Inhalt mit dem äussern Medium direct communiciren (*Ctenophoren*, *Decapoden*). Bei den *Decapoden* stehen die Fasern des Gehörnerven mit eigenthümlichen Stäbchen und Haaren in Verbindung, welche der Wandung der Blase aufsitzen und den Riechhaaren der Antennen vergleichbar die Nervenerregung einleiten. Bei höherer und vollkommener Ausbildung treten Schall-leitende und Schall-verstärkende Einrichtungen hinzu, wie andererseits die Ausbreitung und Endigung des Gehörnerven eine sehr complicirte wird (*Wirbelthiere*). Anders freilich gestaltet sich die Form des sog. Gehörorganes bei den Gryllen und Heuschrecken unter den Insecten, da hier direct Lufträume für die Einwirkung der Schallwellen auf die Nervenenden verwendet sind.

Die *Gesichtsorgane* oder *Augen* [1]) sind neben den Tastwerkzeugen am allgemeinsten und zwar in allen möglichen Abstufungen der Vollkommenheit verbreitet. Im einfachsten Falle befähigen sie nur zu einer Unterscheidung von Hell und Dunkel, beziehungsweise von verschiedenen Graden der Lichtstärke und bestehen dann aus Nerven, deren Enden für Einwirkung von Aetherschwingungen empfindlich sind. Gewöhnlich sind in solchen Fällen dem Nervenende Pigmente aufgelagert, die dann im Zusammenhang mit der empfindungsfähigen Nervensubstanz als *Augenflecken* bezeichnet werden. Indessen ist es sehr wahrscheinlich, dass bei derartigen niedern Sinnesorganen nur insofern eine Empfänglichkeit für Aetherwellen besteht, als dieselben wie auch bei Hautnerven in Form eines veränderten Wärmegefühls zur Perception kommen. Denn man vermag nicht einzusehn, dass Pigment zu der Empfindung von Licht nothwendig ist. Diese setzt vielmehr eine besondere Beschaffenheit der Nervenendigung voraus, durch welche die Aetherschwingungen auf die Nervenfasern übertragen, zu einem Reize werden, welcher nach dem Centralorgan fortgeleitet, als Licht empfunden wird. Ueberall wo bei niedern Thieren specifische Nervenendigungen nicht nachgewiesen werden können, handelt es sich demgemäss wahrscheinlich erst um eine Vorstufe von wahren Augen, die durch für Wärmeabstufungen empfindliche Hautnerven hergestellt wird. Somit müssen die specifischen Einrichtungen am peripherischen Endtheil des Sehnerven als wesentlichste Merkmale für Perception von Licht und Lichtintensität betrachtet werden.

Zur Perception eines Bildes sind lichtbrechende Apparate vor der Endausbreitung (*Retina*) des Sehnerven (*Nervus opticus*) nothwendig. An Stelle der allgemeinen Lichtempfindung tritt dann eine Summe von Einzeleindrücken, welche nach Lage und Besonderheit den Theilen der erregenden Quelle entsprechen. Zur Brechung des Lichtes dient die gewölbte und oft linsenartig verdickte Körperbedeckung (*Cornea, Cornealinse*), durch welche die Strahlen in das Auge einfallen, ferner hinter der Cornea liegende Körper (*Glaskörper, Linse*) und selbst die vordern Abschnitte der eigenthümlichen Stäbchen-artigen Nervenenden (*Krystallkegel*). Durch die lichtbrechenden Medien werden die von den

1) Vergl. R. Leuckart, Organologie des Auges. Handbuch der Ophthalmologie.

einzelnen Puncten der Lichtquellen nach allen Richtungen sich verbreitenden Strahlenkegel mittelst Refraction wieder in entsprechenden Puncten auf der Retina, der Endausbreitung des Sehnerven, gesammelt, welche aus den stäbchenförmigen Enden der Nervenfasern (meist in Verbindung mit mehr oder minder complicirten gangliösen Bildungen) besteht.

Zur Absorption überflüssiger und für die Sonderung des Bildes schädlicher Lichtstrahlen dient das Augenpigment, welches sich theils in der Umgebung der Retina als *Chorioidea*, theils vor der Linse als ein quergestellter, von einer Verengerungs- und Erweiterungs-fähigen Oeffnung, *Pupille*, durchbrochener Vorhang, *Iris*, ausbreitet. Auf einer höhern Entwicklungsstufe wird in der Regel das gesammte Auge von einer harten bindegewebigen Haut, *Sclerotica*, umschlossen und hiermit als selbständiger Augenbulbus abgegrenzt. Die Einrichtungen, durch welche die Aetherschwingungen veranlassenden, leuchtenden Punkte eines Objekts in regelmässiger Ordnung auf entsprechende Punkte des Sehnerven wirken und somit die Fähigkeit der Perception eines Bildes ermöglichen, sind verschieden, und steht mit demselben die gesammte Architektonik des Auges in nächstem Zusammenhang. Von den einfachsten Augen abgesehen unterscheiden wir drei Augenformen.

1) Die erste Form kommt in dem sog. Facettenauge [1]) der Arthropoden (Krebse und Insekten) zum Ausdruck und führt zu dem sog. musivischen Sehen. Hier setzen die grossen Nervenstäbe (mit zugehörigen Krystallkegeln) eine halbkuglig nach aussen vorgewölbte Retina zusammen und liegen hinter je einer linsenartig verdickten Facette der Cornea, während sie durch Pigmentscheiden von einander isolirt werden. Wenn nun auch hinter jeder gewölbten Corneafacette ein umgekehrtes verkleinertes (weit vor der erregbaren Stelle des Nervenstabes liegendes) Bildchen des zu sehenden Objektes entworfen wird (Gottsche), so kann doch nur der senkrecht auffallende durch Refraction verstärkte Achsenstrahl desselben zur Perception gelangen, da alle übrigen Seitenstrahlen vom Pigmente verschluckt werden. Demnach liegen die von den Achsenstrahlen veranlassten Lichteindrücke, deren Menge der Zahl der einzelnen Nervenstäbe entspricht, mosaikartig, die Anordnung der Licht entsendenden Punkte des äussern Gegenstandes wiederholend, auf der Retina. Das hier entworfene Bild aber hat eine nur geringe Lichtstärke und Specifikation.

2) Die zweite Augenform entspricht einer kugligen camera obscura, in welche das Licht nur durch eine kleine Oeffnung einfallen kann. An der die Retina repräsentirenden Hinterwand entsteht somit ein umgekehrtes, aber wenig Licht-starkes Bild (*Nautilus*auge).

3) Die dritte weitverbreitete (*Würmer, Mollusken, Vertebraten*) Augenform repräsentirt die camera obscura mit Sammellinse (*Cornea, Linse*) in der vordern zum Einfallen des Lichtes dienenden Oeffnung und meist noch weitern den Augenraum füllenden dioptrischen Medien (Glaskörper). Das umgekehrte Bild,

---

1) Siehe Joh. Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig. 1826; ferner H. Grenacher, Untersuchungen über das Arthropodenauge. Rostock. 1877.

welches im Hintergrund auf der becherförmigen Retina entworfen wird, hat eine viel bedeutendere Lichtstärke.

Soll das Auge aus verschiedener Entfernung und nach verschiedenen Richtungen deutlich zu sehen im Stande sein, so erscheint ein besonderer Accomodations- und Bewegungsmechanismus nothwendig, welcher sowohl das Verhältniss der brechenden Medien zur Retina verändert, als die Sehrichtung nach dem Willen des Thieres modificiren kann.

Lage und Zahl der Augen variiren namentlich bei den niederen Thieren ausserordentlich. Die paarige Anordnung derselben am Kopfe erscheint freilich im Allgemeinen als Regel, wenngleich auch zuweilen weit vom Gehirn entfernt an peripherischen Körpertheilen Sehorgane vorkommen, wie z. B. bei *Euphausia, Pecten, Spondylus* und gewissen *Anneliden*.

Minder verbreitet scheint der *Geruchssinn* zu sein, der sich freilich bei den wasserbewohnenden Thieren, welche durch Kiemen athmen, nicht scharf und überhaupt nur insofern vom Geschmack abgrenzen lässt, als dieser die Qualität von Nahrungsstoffen, welche in die Mundhöhle eintreten, zu prüfen hat. Die Geruchsorgane erscheinen in der einfachsten Form als bewimperte mit Nerven in Verbindung stehende Gruben (*Medusen, Mollusken*). Bei den *Arthropoden* werden blasse Cuticularanhänge (Riechfäden) der Antennen, an welchen Nerven mit gangliösen Anschwellungen enden, als Geruchsorgane gedeutet. Bei den Wirbelthieren ist es eine meist paarige Grube oder Höhlung am Kopfe (Nasenhöhle), deren Wandung die Enden des Geruchsnerven (*Nervus olfactorius*) in sich birgt. Die höhern luftathmenden Wirbelthiere zeichnen sich durch die Communication dieser Höhlung mit der Rachenhöhle, sowie durch die Flächenvergrösserung ihrer vielfach gefalteten Schleimhaut aus, auf welcher die Enden der Nervenfasern zwischen den Epitelialzellen als feine mit Zellen verbundenen Fäden verbreitet sind.

Eine besondere Empfindung der Mund- und Rachenhöhle ist der *Geschmack*. Derselbe wird erst bei höhern Thieren nachweisbar und knüpft sich an die Ausbreitung eines besonderen Geschmacksnerven (*Nervus glossopharyngeus*), welcher beim Menschen die Spitze, Ränder und Wurzel der Zunge, die Vorderfläche des weichen Gaumens und den untern Theil des Gaumensegels zu Geschmacksorganen macht. Als percipirende Elemente sind die an besondern Papillen (*Papillae circumvallatae*) haftenden sog. Geschmacksknospen mit ihren centralen Fadenzellen zu betrachten. Der Geschmack verknüpft sich in der Regel mit Tast- und Temperaturempfindungen der Mundhöhle sowie mit Geruchseindrücken.

Bei niederen Thieren sind Geschmacks- und Geruchsorgane meist nicht scharf zu scheiden, und es gibt Uebergangssinne, welche die Qualität des umgebenden flüssigen Mediums[1]) zu prüfen haben (*Hirudineen, Seitenorgane der Fische*).

---

1) Vergl. die bezüglichen Arbeiten von Leydig, Fr. E. Schulze, sowie J. Ranke, Beiträge zur Lehre von den Uebergangs-Sinnesorganen. Zeitsch. für wiss. Zoologie. Tom. XXV. 1875.

Psychisches[1]) Leben und Instinkt.

Die höher organisirten Thiere werden sich nicht nur der Einheit ihres Organismus in dem Gefühle von Behagen und Unbehagen, Lust und Schmerz bewusst, sondern besitzen auch die Fähigkeit von den durch die Sinne vermittelten Eindrücken der Aussenwelt Residuen zu bewahren und mit gleichzeitig empfundenen Zuständen ihres körperlichen Befindens zu verknüpfen. Auf welche Art die Irritabilität niederer protoplasmatischer Organismen durch allmählige Uebergänge und Zwischenstufen zu der ersten Regung von Empfindung und Bewusstsein führt, liegt uns ebenso vollständig wie Natur und Wesen dieser von materiellen Bewegungen des Stoffes abhängigen *psychischen* Vorgängen verschlossen. Wohl aber dürfen wir mit einiger Berechtigung annehmen, dass für den Eintritt innerer Zustände, welche mit dem an unserem eignen Organismus erfahrenen als Bewusstsein bezeichneten Zustand einen Vergleich gestatten, das Vorhandensein eines Nervensystems unumgänglich erforderlich ist. Mit den Sinnesorganen und dem Vermögen derselben, Eindrücke bestimmter Qualitäten von äussern als Reiz wirkenden Ursachen aufzunehmen, mit der Fähigkeit, Residuen des Wahrgenommenen im Gedächtniss zu bewahren und als Vorstellungen mit gleichzeitig empfundenen und ebenfalls in der Erinnerung reproducirten körperlichen Gefühlszuständen zu Urtheilen und Schlüssen zu verbinden, besitzen die Thiere im Wesentlichen alle Grundbedingungen zu den Operationen der Intelligenz, wie sie andererseits auch fast alle Formen von Gemüthszuständen der menschlichen Seele in ihrem Innern zur Erscheinung bringen.

Neben bewussten, aus Erfahrung und intellektueller Thätigkeit entsprungenen Willensäusserungen werden die Handlungen der Thiere aber in umfassendem Masse durch innere Triebe bestimmt, welche unabhängig vom Bewusstsein wirken und zu zahlreichen oft höchst complicirten dem Organismus *nützlichen* Handlungen Anlass geben. Man nennt solche die Erhaltung des Individuums und der Art fördernde Triebe *Instinkte*[2]) und stellt dieselben gewöhnlich als dem Thiere eigenthümlich der bewussten Vernunft des Menschen gegenüber. Wie diese aber nur als höhere Potenz vom Verstand und Intellekt, nicht aber als etwas von letzterm qualitativ verschiedenes betrachtet werden kann, so zeigt die nähere Betrachtung, dass auch Instinkt und bewusster Verstand nicht in absolutem Gegensatze, vielmehr in vielseitiger Beziehung stehen und nicht scharf von einander abzugrenzen sind. Denn wenn man auch dem Begriffe nach das Wesen des Instinktes in dem *Unbewussten* und in dem *Angeborensein* erkennt, so ergibt sich doch, dass erfahrungsmässig, durch bewusste Intelligenz erworbene Fertigkeiten zu instinktiven unbewusst sich vollziehenden Vorgängen werden und dass im Anschluss an die durch den ganzen Zusammenhang der Naturerscheinungen überaus wahrscheinlich gemachte Descendenz-

1) W. Wundt, Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 2 Bde. Leipzig. 1863; Derselbe, Grundzüge der physiologischen Psychologie. Leipzig. 1874.

2) Vergl. H. S. Reimarus, Allgemeine Betrachtungen über die Triebe der Thiere. Hamburg. 1773. P. Flourens, De l'instinct et de l'intelligence des animaux. Paris. 1851.

lehre sich die Instinkte aus kleinen Anfängen entwickelt haben und nur unter Mitwirkung einer wenn auch beschränkten intellektuellen Thätigkeit zu so hohen und complicirten Formen entwickeln konnten, welche wir an vielen höher organisirten Thieren (*Hymenoptern*) zu bewundern haben. Man kann demgemäss zwar mit vollem Rechte den Instinkt als einen mit der Organisation ererbten, unbewusst wirkenden Mechanismus definiren, welcher als Reaktion auf einen äussern oder innern Reiz sich in bestimmter Form gewissermassen abspielt und eine scheinbar zielbewusste, zweckmässige Verrichtung des Organismus zur Folge hat, wird aber nicht vergessen dürfen, dass auch die intellektuellen Thätigkeiten auf mechanischen Vorgängen beruhen und andererseits geradezu Bedingung sind, um aus einfachen höhere und verwickeltere Instinkte entstehen zu lassen. Die einfachste Instinktform aber ist identisch mit der bestimmten auf einen Reiz folgenden Gegenwirkung der lebendigen Materie, gewissermassen mit der besondern Form der durch eine äussere Einwirkung veranlassten Bewegungen der Moleküle.

Fortpflanzungsorgane.

Es bleibt noch ein System von Organen zu betrachten übrig, welches sich im Bau und Verrichtung dem Kreise der vegetativen Organe, insbesondere den Excretionsorganen, innig anschliesst, insofern aber eine gesonderte Stellung beansprucht, als seine Bedeutung über die Erhaltung des Individuums hinausgreift und auf die Erhaltung der Art Bezug nimmt. Bei der zeitlichen Schranke, welche dem Leben eines jeden Organismus durch seine Organisation selbst gezogen ist, erscheint die Entstehung neuen Lebens für die Erhaltung der Schöpfung unabweisbar nothwendig. Die Neubildung von Organismen könnte zunächst eine spontane sein, eine *Urzeugung* (*Generatio aequivoca*), welche denn auch früher nicht nur für die einfachen und niedern, sondern selbst für complicirtere und höhere Organismen unterstellt wurde. Aristoteles liess Frösche und Aale spontan aus dem Schlamme ihren Ursprung nehmen, und allgemein wurde bis auf Redi das Auftreten der Maden an faulendem Fleische auf dem Wege der Urzeugung erklärt. Mit dem Fortschritt der Wissenschaft zogen sich die Grenzen dieser Zeugungsart immer enger und umfassten bald nur noch die Entozoen und Infusionsthierchen. Doch auch diese Organismen wurden durch die Forschungen der letzten Decennien dem Gebiete der Generatio aequivoca fast gänzlich entzogen, so dass gegenwärtig ausschliesslich die niedersten meist pflanzlichen Formen faulender Infusionen in Betracht kommen, wenn es sich um die Frage der *spontanen* Entstehung handelt. Während der grössere Theil der Forscher [1], gestützt auf die Resultate zahlreicher Experimente, auch für die letztern die Urzeugung verwirft, findet dieselbe vornehmlich in Pouchet [2] einen hervorragenden und eifrigen Vertheidiger.

1) Vergl. insbesondere Pasteur, Memoire sur les corpuscules organisés, qui existent dans l'atmosphère (Ann. des sc. nat.) 1861, ferner Expériences relatives aux générations dites spontanées. Compt. rend. de l'Ac. des sciences. Tom. 50.

2) Pouchet, Nouvelles expériences sur la génération spontanée et la resistence vitale. Paris. 1864.

Der Urzeugung steht die elterliche Zeugung oder Fortpflanzung gegenüber, welche wir, wenn nicht als die einzig mögliche, so doch als die allgemein verbreitete und normale Form der Zeugung zu betrachten haben. Dieselbe ist im Grunde nichts anderes als ein Wachsthum des Organismus über die Sphäre seiner Individualität hinaus und lässt sich auch überall auf die Absonderung eines körperlichen Theiles, welcher sich zu einem dem elterlichen Körper ähnlichen Individuum umgestaltet, zurückführen. Indessen ist die Art und Weise dieser Neubildung ausserordentlich verschieden und lässt in gewissem Sinne niedere und höhere Formen der Fortpflanzung als *Theilung*, *Sprossung*, *Keimbildung* und *geschlechtliche Fortpflanzung* unterscheiden [1]).

Die *Theilung*, welche zugleich mit der Sprossung und Keimbildung als *ungeschlechtliche* (monogene) *Fortpflanzung* bezeichnet wird, findet sich vorzugsweise bei den niedersten und einfachsten Thieren (*Protozoen*) verbreitet, wie sie denn auch für die Fortpflanzung der Zelle von besonderer Bedeutung ist. Dieselbe erzeugt aus einem ursprünglich einheitlichen Organismus durch eine immer tiefer greifende und zur Trennung führende Einschnürung des Gesammtleibes zwei Individuen derselben Art. Bleibt die Theilung unvollständig, ohne die Theilung zur völligen Sonderung gelangen zu lassen, so sind die Bedingungen zur Entstehung eines Thierstockes gegeben, der bei fortgesetzter unvollständiger Theilung der neugebildeten Individuen an Umfang und Individuenzahl oft dichotomisch fortschreitend zunimmt (*Vorticellinen*, *Polypenstöcke*). Die Theilung kann in verschiedenen Richtungen longitudinal, transversal oder diagonal erfolgen.

Die *Sprossung* oder *Knospung* unterscheidet sich von der Theilung durch ein vorausgegangenes ungleichmässiges einseitiges Wachsthum des Körpers und durch die Entstehung eines für das Mutterthier nicht absolut nothwendigen und integrirenden Theiles, welcher sich zu einem neuen Individuum ausbildet und durch Abschnürung und Theilung zur Selbstständigkeit gelangt. Unterbleibt die Sonderung der gebildeten Knospe, so ist in gleicher Weise die Bedingung zur Entstehung eines Thierstockes gegeben (*Polypenstöcke*). Bald erfolgt die Knospung an verschiedenen Stellen der äussern Körperfläche in unregelmässiger Weise oder nach bestimmten Gesetzen (*Ascidien*, *Polypenstöcke*), bald ausschliesslich in der Längsachse (*Cestoden*), bald auf einen bestimmten, als Organ (Keimstock) gesonderten Körpertheil localisirt (*Salpen*).

Die *Keimbildung* characterisirt sich als eine Absonderung von Körpertheilen, welche als Zellen (*Keimkörner*) im Innern des Organismus zur Selbständigkeit gelangen und sich allmählig zu neuen Individuen organisiren. Selten löst sich die gesammte Leibesmasse des Mutterthieres in Keimkörner auf (*Gregarinen*), häufiger geht ein Theil des mütterlichen Körpers, ähnlich wie bei pflanzlichen Sporenbildungen, in Keimzellen über (*Trematoden*, *Sporocysten*), oder es sind bestimmte zur Fortpflanzung dienende Theile, *Fortpflanzungskörper* (*Pseudovarien*) vorhanden, welche aus sich die mit Eianlagen identischen Keimzellen hervorgehen lassen (*Infusorien*, *Cecidomyialarven*, *vivipare Aphiden*).

---

1) Vergl. R. Leuckart's Artikel: Zeugung in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie.

Die *geschlechtliche* (*digene*) *Fortpflanzung* endlich schliesst sich der Keimbildung zunächst und zum Theil so innig an, dass sie in einzelnen Fällen kaum scharf von jener abzugrenzen ist. Das Wesen derselben beruht in der Erzeugung von zweierlei verschiedenen Keimen, — daher auch die Bezeichnung digene Fortpflanzung — deren gegenseitige Einwirkung zur Entwicklung eines neuen Organismus nothwendig ist. Die eine Form dieser Keime stellt sich als Zelle dar mit Bildungsmaterial zur Erzeugung des neuen Individuums und heisst *Eizelle* (meist schlechthin *Ei*). Die zweite Form, als *Samenzelle* bekannt, erzeugt den befruchtenden Stoff, *Samen* oder *Sperma*, welcher sich mit dem Ei-Inhalt mischt und durch eine unbekannte Einwirkung den Anstoss zur Entwicklung des Eies gibt. Die *Fortpflanzungskörper*, in denen Eier und Sperma ihre Entstehung nehmen, werden aus später ersichtlichen Gründen *Geschlechtsorgane* genannt und zwar die Eier erzeugenden *weibliche* (*Ovarien*) und die Samen erzeugenden *männliche* Geschlechtsorgane (*Hoden*). Das *Ei* ist der *weibliche*, das *Sperma* der *männliche* Zeugungsstoff.

Der Bau der Geschlechtsorgane zeigt nun ausserordentlich verschiedene Verhältnisse und sehr zahlreiche Stufen fortschreitender Complication. Im einfachsten Falle entstehen die beiderlei Zeugungsstoffe in der Leibeswandung, welche an bestimmten Stellen als Keimstätte für Samenzellen oder Eizellen fungirt (*Coelenteraten*). Hier ist es sowohl das Ectoderm als das Entoderm, aus welchem Zeugungszellen hervorgehen. Aehnliches gilt auch für die marinen Polychaeten oder Borstenwürmer, deren Leibeshöhlen-Epitel (Mesoderm) die Samen- und Eizellen erzeugt, welche in die Leibeshöhle fallen. Bei anderen Thieren sind *Ovarien* und *Hoden* als einfache Drüsen gesondert, ohne dass sich weitere Leistungen als die Absonderung der beiderlei Zeugungsstoffe an die Geschlechtsorgane knüpfen (*Echinodermen*). In der Regel aber gesellen sich zu den Eier und Samen bereitenden Drüsen accessorische Anhänge und mehr oder minder complicirte Leitungsapparate, welche bestimmte Leistungen für das weitere Schicksal und die zweckmässige Begegnung beiderlei Zeugungsstoffe übernehmen. Zu den *Ovarien* kommen *Eileiter*, *Oviducte*, und in deren Verlauf Drüsenanhänge mancherlei Art, welche die Eizellen in Eiweiss einhüllen oder das Material zur Bildung einer derben Eischale (*Chorion*) liefern. Freilich kann diese auch zuweilen in den Ovarialschläuchen selbst ihre Entstehung nehmen (Insecten). Die Leitungswege aber gliedern sich wiederum in mehrfache Abschnitte und Anhänge; oft erweitern sie sich während ihres Verlaufes zu einem Reservoir zur Aufbewahrung der Eier (*Eierbehälter*) oder der sich entwickelnden Embryonen (*Fruchtbehälter*, *Uterus*), während ihr Endabschnitt zur Befruchtung Bezug nehmende Differenzirungen bietet (*Receptaculum seminis, Scheide*, *Begattungstasche*, *äussere Geschlechtstheile*). Die Ausführungsgänge der Hoden, *Samenleiter* (*Vasa defferentia*) bilden gleichfalls häufig Reservoir's (*Samenblasen*) und nehmen Drüsen (*Prostata*) auf, deren Secret sich dem Sperma beimischt oder die Samenballen mit festern Hüllen umgibt (*Spermatophoren*). Der Endabschnitt des Samenleiters gestaltet sich durch die kräftige Musculatur zu einem *Ductus ejaculatorius*, welchem sich in der Regel äussere Copulationsorgane zur geeigneten Uebertragung der Samenflüssigkeit in die weiblichen Geschlechtsorgane hinzugesellen. Die Lage und Anordnung der

Geschlechtsorgane im Körper ist entweder radiär (*Coelenteraten, Echinodermen*) oder bilateral symmetrisch, Gegensätze, die überhaupt für die Architectonik aller Organsysteme in erster Linie in die Augen fallen.

Die einfachste und ursprünglichste Form des Auftretens von Geschlechtsorganen ist die *hermaphroditische.* Eier und Samen werden in dem Körper ein und desselben Individuums (*Hermaphrodit, Zwitter*) erzeugt, welches in sich alle Bedingungen zur Arterhaltung vereinigt und für sich allein die Art repräsentirt. Wir finden den Hermaphroditismus in allen Thierkreisen, besonders verbreitet aber in den niedern, und zwar erscheinen vorzugsweise langsam bewegliche (*Landschnecken, Würmer*) oder vereinzelt vorkommende (*Eingeweidewürmer*) oder gar festgeheftete, der freien Ortsveränderung entbehrende Thiere (*Cirripedien, Tunicaten, Austern*) hermaphroditisch. Das gegenseitige Verhältniss der männlichen und weiblichen, in demselben Individuum vereinigten Geschlechtsorgane zeigt freilich mehrfache Verschiedenheiten, die gewissermassen stufenweise der Trennung der Geschlechter allmählig näher führen. Im einfachsten Falle liegen die Keimstätten der beiderlei Geschlechtsproducte räumlich nahe bei einander, so dass sich Samen und Eier im Leibe des hermaphroditischen Mutterthieres direct begegnen (*Ctenophoren*). Dann können Ovarien und Hoden zwar in derselben Drüse, *Zwitterdrüse*, vereinigt sein (*Schnecken*), ihre Ausführungswege aber in verschiedenen Stufen schärfer zur Sonderung gelangen. Endlich besitzen Hoden und Ovarien vollständig getrennte Ausführungsgänge und Geschlechtsöffnungen. Dann erscheint die Kreuzung zweier hermaphroditischer Individuen, welche sich zuweilen gleichzeitig befruchten und befruchten lassen (Wechselkreuzung), als Regel, während allerdings auch Fälle vorkommen, in denen solche Zwitter zur Erzeugung von Nachkommen sich selbst genügen (Ascidien). Immerhin erscheint dies ursprünglich vielleicht normale Verhältniss gegenwärtig als Ausnahme, und selbst bei unvollkommener Sonderung der Hoden und Ovarien macht die zeitliche Trennung der männlichen und weiblichen Reife eine Kreuzung zweier Individuen nothwendig (Schnecken).

Durch diese Art der Fortpflanzung geht der Hermaphroditismus bei einseitiger Ausbildung der einen Form von Geschlechtsorganen unter gleichzeitiger Verkümmerung der anderen in die Trennung der Geschlechter über (*Distomum filicolle* und *haematobium*), bei welcher nicht selten Spuren einer hermaphroditischen Anlage zurückbleiben, wie solche auch noch wenigstens für die Ausführungsgänge der höchsten Thiere (Säugethiere) nachweisbar sind. Mit der Trennung der männlichen und weiblichen Geschlechstheile auf verschiedene Individuen ist die vollkommenste Stufe der geschlechtlichen Fortpflanzung auf dem Wege der Arbeitstheilung erreicht, aber gleichzeitig auch ein allmählig fortschreitender Dimorphismus der männlichen und weiblichen Individuen vorbereitet, deren Bau und Organisation von den differenten Geschlechtsfunctionen mehr und mehr wesentlich berührt wird und mit der höhern Ausbildung des Geschlechtslebens zur Ausführung besonderer, an die Ei- oder Samenerzeugung innig gebundenen Nebenleistungen umgestaltet wird. Männliche und weibliche Formen weichen nach verschiedenen Richtungen, für welche eine Reihe von eigenthümlichen und wichtigen Aufgaben des Geschlechtslebens bezeichnend sind, auseinander. Die Verrichtungen des Männchens beziehen sich haupt-

sächlich auf die Aufsuchung, Anregung und Bewältigung des Weibchens zur Begattung, daher im Durchschnitt die grössere Kraft und Beweglichkeit des Körpers, die höhere Entwicklung der Sinne, der Besitz von mancherlei Reizmitteln als lebhaftere Färbung, lautere und reichere Stimme, endlich die Ausstattung mit Haft- und Klammerwerkzeugen sowie mit äussern Copulationsorganen. Das bei der Begattung mehr passive, das Bildungsmaterial der Nachkommenschaft in sich bergende Weibchen hat Sorge zu tragen für die Entwicklung der befruchteten Eier und für die weiteren Schicksale der ins Leben getretenen Brut, daher die durchschnittlich schwerfälligere Körperform und die Ausstattung derselben mit mannichfachen Einrichtungen zum Schutze und zur Ernährung der Brut, die entweder lebendig geboren wird oder sich aus den abgesetzten Eiern ausserhalb des mütterlichen Körpers entwickelt. Freilich können in Ausnahmsfällen auch vom Männchen Functionen übernommen werden, welche sich auf die Erhaltung der Nachkommenschaft beziehen, wie z. B. bei *Alytes* und den *Lophobranchiern.* Auch betheiligen sich die Männchen der Vögel oft neben den Weibchen an dem Nestbau, dem Auffüttern und Beschützen der Jungen. Dass Bruträume oder Nester lediglich vom männlichen Thiere hergestellt und wie bei *Cottus* und dem Stichling (*Gasterosteus*) der Schutz und die Vertheidigung der Brut ausschliesslich dem Männchen zufällt, ist wiederum eine seltene Ausnahme, die aber um so nachdrücklicher dafür Zeugniss ablegt, dass die sexuellen Abweichungen sowohl in der Form-Gestaltung wie in den besondern Leistungen als durch Anpassung erworben zu erklären sind.

In extremen Fällen kann der Geschlechts-Dimorphismus zu einer derartigen Divergenz der zusammengehörigen Männchen und Weibchen führen, dass man dieselben bei Unkenntniss ihrer Entwicklung und sexuellen Beziehung in verschiedene Gattungen und Familien stellen würde. Solche Extreme treten bei *Rotiferen* und parasitischen *Copepoden* (Chondracanthen, Lernaeopoden) auf und sind im letztern Falle offenbar als Züchtungsresultat der parasitischen Lebensweise zu betrachten.

Die Verschiedenheit der beiden die Art repräsentirenden und erhaltenden Individuengruppen, deren Begattung und gegenseitige Einwirkung man lange Zeit kannte, bevor man sich über das Wesen der Fortpflanzung Rechenschaft zu geben im Stande war, hat zur Bezeichnung »*Geschlechter*« geführt, denen wiederum die Bezeichnung *geschlechtlich* für die Organe und die Art der Fortpflanzung entlehnt wurde.

Im Grunde ist aber auch die geschlechtliche Fortpflanzung nichts anders als eine besondere Form des Wachsthums, die sich der Keimbildung am nächsten anschliesst und von dieser aus entstanden zu denken ist. Wie bereits erwähnt, bestehen zwischen beiden Fortpflanzungsformen Uebergänge, welche die scharfe Abgrenzung derselben verwischen. Auch das Ei ist nämlich unter gewissen Verhältnissen ähnlich wie die Keimzelle spontan entwicklungsfähig, wie die zahlreichen besonders bei Insecten bekannt gewordenen Fälle von *Parthenogenese* bewiesen haben. Für den Begriff der Eizelle fällt demnach die Nothwendigkeit der Befruchtung hinweg, und es bleibt zur Unterscheidung derselben von der Keimzelle auch physiologisch kein durchgreifendes Criterium übrig. Man pflegt freilich auf den Ort der Entstehung im »*Geschlechtsorgan*« und im

weiblichen Körper (*Bienen*, *Psychiden*, *Schildläuse*, *Rindenläuse*) den entscheidenden Werth zu legen, ohne jedoch auch mit diesem morphologischen Gesichtspunct in jedem einzelnen Falle zum Ziel zu kommen. Wir haben bereits hervorgehoben, dass Ovarien und Hoden im einfachsten Falle nichts weiter als Zellengruppen aus dem Epitel der Leibeshöhle oder der äussern Haut darstellen, den Character als Geschlechtsorgane gewinnen sie aber auch bei einer höher vorgeschrittenen Differenzirung erst durch den Gegensatz der beiderlei Sexualzellen und die Nothwendigkeit ihrer gegenseitigen befruchtenden Einwirkung. Fällt die männliche Sexualzelle und mit ihr die Nothwendigkeit der Befruchtung hinweg, so wird selbst in Fällen einer vorgeschrittenen nach Analogie der weiblichen Geschlechtsorgane erfolgten Gliederung des Organes, welches die entwicklungsfähigen Zellen producirt, die Entscheidung schwer, ob wir es mit einem Keimstock und einem sich ungeschlechtlich fortpflanzenden Thiere, oder mit einem Ovarium und einem wahren Weibchen zu thun haben, dessen Eier die Fähigkeit der spontanen Entwicklung besitzen. Erst der Vergleich mit den Fortpflanzungserscheinungen nahe verwandter Thierformen gestattet die Lösung solcher Zweifel. In der That gibt es nun unter den *Blattläusen* eine Generation von viviparen Individuen, welche von den begattungs- und befruchtungsfähigen oviparen Weibchen zwar verschieden, aber mit ähnlichen, nach dem Typus der Ovarien gebildeten Fortpflanzungsorganen versehen sind, deren Eigenthümlichkeit vor Allem auf dem Mangel von Einrichtungen zur Begattung und Befruchtung beruht. Die Fortpflanzungszellen nehmen in jenen Organen, die man deshalb treffend *Pseudovarien* nennt, einen ganz ähnlichen Ursprung, wie die Eier in den Ovarien und unterscheiden sich von den Eiern besonders durch die sehr frühzeitige Veränderung und Embryonalentwicklung. Man wird daher die viviparen Individuen schon deshalb richtiger als eigenthümlich veränderte, auf den Ausfall der Begattung und Befruchtung organisirte Weibchen [1]) betrachten, als die Fortpflanzungszellen dem Begriffe von Keimzellen unterordnen können und (wie dies früher Steenstrup that) von einer geschlechtlich parthenogenetischen, an Stelle einer ungeschlechtlichen Fortpflanzung reden. Die Fortpflanzungsweise der Rindenläuse im Vergleich zu der erwähnten Fortpflanzung z. B. der Gattung Pemphigus terebinthi macht die Richtigkeit dieser Deutung unzweifelhaft. Ein ähnliches Verhältniss besteht für die *Cecidomyia*larven, welche lebendige Junge erzeugen. Bei diesen bildet die Anlage der Geschlechtsdrüse unter Umformungen, welche sich an den Bau der Ovarien und an die Entstehungsweise der Eier anschliessen, sehr frühzeitig eine Anzahl von Fortpflanzungszellen aus, welche sich alsbald zu Larven entwickeln. Das Pseudovarium ist offenbar aus der Anlage der Geschlechtsdrüse hervorgegangen, ohne diese aber vollkommen zur Ausbildung zu bringen. Das Ovarium fällt gewissermassen zur Bedeutung des Fortpflanzungskörpers zurück *(Paedogenesis)*.

---

1) Vergl. C. Claus, Generationswechsel und Parthenogenesis im Thierreich. Marburg. 1858. Derselbe, Beobachtungen über die Bildung des Insecteneies. Zeitsch. für wiss. Zoologie. Tom. XIV. 1864.

Entwicklung.

Nach den Thatsachen der geschlechtlichen Fortpflanzung wird man die einfache Zelle als den Ausgangspunkt des sich entwickelnden Organismus betrachten. Der Inhalt der Eizelle beginnt spontan oder unter dem Einflusse der Befruchtung eine Reihe von Veränderungen, deren Endresultat die Anlage des Embryonalleibes ist. Diese Veränderungen beruhen — die Protozoen ausgenommen — ihrem Wesen nach auf einem Zellvermehrungsprocess, welcher sich an dem protoplasmatischen Theil des Dotters beziehungsweise am gesammten Inhalt der Eizelle vollzieht, und sind unter dem Namen der *Dotterfurchung* bekannt.

Völlig unklar war seither das Verhalten des Keimbläschens beim Beginn der Furchung und die Beziehung desselben zu den Kernen der ersten Furchungszellen. Ebensowenig hatte man genügende Anhaltspuncte über die Veränderungen und das Schicksal der beim Act der Befruchtung in den Dotter eingetretenen Samenkörper. Zahlreiche Forschungen der letzten Jahre, insbesondere die Untersuchungen [1]) von Auerbach, Bütschli, O. Hertwig, Fol u. A. haben über diese bislang völlig dunkeln Vorgänge einiges Licht verbreitet. Während man seither den völligen Schwund des Keimbläschens und die Bildung eines neuen von jenem unabhängigen Kernes in dem reifen zur Furchung sich anschickenden Ei annahm und nur in Ausnahmsfällen (Siphonophoren, Entoconcha etc.) die Persistenz und Betheiligung desselben an der Kernbildung der ersten Furchungszellen annahm, haben eingehendere an Eiern zahlreicher Thiere angestellte Beobachtungen bewiesen, dass in der That das Keimbläschen des reifen Eies zu Grunde geht, indem dasselbe seiner Hauptmasse nach in Verbindung mit Protoplasmatheilen des Dotters als sog. »*Richtungskörperchen*« aus dem Eie austritt, in zurückbleibenden Resten aber mit Elementen des eingedrungenen Samenkörpers zur Bildung eines neuen Kernes verschmilzt. Dieser in die beiden Furchungskerne sich theilende »*Furchungskern*« würde demgemäss keine völlige Neubildung sein, sondern in Continuität mit der Substanz des Keimbläschens durch Conjugation des von diesem zurückgebliebenen Restes (Eikern) mit dem durch das Sperma eingeführten »Spermakern« entstanden sein. Die Befruchtung aber würde alsdann auf der Zufügung eines die Regeneration des primären Eizellenkernes oder Keimbläschens bedingenden neuen Elementes beruhen und schon in der Constitution des »Furchungskernes« ihren Einfluss ausgeübt haben.

---

1) Auerbach, Organologische Studien. 1 u. 2. Breslau. 1874. O. Bütschli, Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle etc. Frankfurt. 1876. O. Hertwig, Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Morphol. Jahrbuch. 1875 und 1877. H. Fol, Sur le commencement de l'hénogénie chez divers animaux. Archives de zoologie experimentale. Tom. VI. 1877.

Sowohl die Entstehung der Richtungskörperchen, die an dem reifen Ei ganz unabhängig von der Befruchtung aus dem sich umgestaltenden Keimbläschen erzeugt werden können, als die Theilung des »Furchungskernes«, vollzieht sich unter den für die Kerntheilung der Zelle so characteristischen Erscheinungen des Auftretens der Kernspindel und der Strahlenfiguren oder Sonnen an beiden Polen derselben. Auch im Umkreis des in den Eidotter eingedrungenen zu einem dichten Körper veränderten Zoosperms (Spermakern) bildet sich ein homogener Plasmahof mit Strahlenfigur, bevor der Eikern mit dem Spermakern conjugirt ist. Da aber, wo die Befruchtung unbeschadet der Entwicklungsfähigkeit des Eies unterbleibt, dieses also spontan in den Furchungsprocess eintritt, scheint der »Eikern« für sich bereits die Eigenschaft des ersten Furchungskerns (*Parthenogenese*) zu besitzen. Der als Furchungsprocess bekannte und sehr verbreitete Vorgang betrifft entweder den gesammten Dotter, *totale Furchung*, oder gestaltet nur einen Theil des Dotters in Furchungskugeln und Embryonalzellen um, *partielle Furchung*. Die totale Dotterfurchung vollzieht sich entweder gleichmässig und kann dann als gleichmässig totale oder *aequale* Furchung bezeichnet werden, oder wird früher oder später ungleichmässig, *inaequale Furchung*, indem sich zwei Gruppen von Furchungskugeln, kleinere mit vorwiegend protoplasmatischen, grössere mehr mit fettreichem Inhalt sondern. An den erstern schreitet der Process der Theilung viel rascher, an den letztern viel langsamer vor oder wird eventuell ganz unterbrochen. Bei der partiellen Furchung haben wir immer einen scharf ausgesprochenen Gegensatz von Bildungsdotter und Nahrungsdotter, der indessen auch bei der totalen Dotterfurchung keineswegs stets hinwegfällt. Man kann die letztern der partiellen oder meroblastischen Furchung gegenüber nicht etwa in dem Sinne holoblastische nennen, als ob sämmtliche Furchungskugeln direkt als Bildungszellen des Embryonalleibes in Verwendung kämen. Auch hier werden vornehmlich bei der inaequalen, indessen auch bei der regelmässig totalen Dotterklüftung entweder Gruppen von Furchungskugeln einer bestimmten Qualität oder wenigstens verflüssigte Dottertheile zur Ernährung der Embryonalanlage benutzt, so dass man schliesslich in dem Dotter des Eies selbst das zähe eiweissreiche Plasma als Protoplasma von den fett- und körnchenreichen als ernährende Elemente dienenden Dottertheilen (*Deutoplasma*) zu unterscheiden hat. Das erstere ist seinem Ursprung nach aus dem Protoplasma der primären Eizelle abzuleiten, während die fettreichen Dotterelemente erst secundär mit dem fortschreitenden Wachsthum des erstern gebildet werden, nicht selten als Sekretionsprodukte besonderer Drüsen (Dotterstöcke) zur Vergrösserung des Dotters sogar in Form von Zellen hinzutreten. Bei den Rippenquallen und anderen Coelenteraten sehen wir bereits in der ersten Furchungskugel die Bildungs- und Nahrungselemente des Dotters als centrales Endoplasma- und peripherische Exoplasmalage geschieden. Endlich können die Vorgänge einer Furchung dem Anscheine nach vollkommen unterdrückt sein, indem zahlreiche Kerne innerhalb einer hellen protoplasmatischen Aussenschicht, welche in der Peripherie des fettreichen mächtigen Nahrungsdotters hervorgetreten ist, scheinbar gleichzeitig hervortreten und zur Bildung einer blasenförmigen Zellen-

lage Anlass geben (*Insecten, Arachniden*). Ed. Van Beneden und Bessels haben zu zeigen versucht, dass auch in solchen Fällen wenigstens bei Crustaceen eine Eifurchung besteht, dass diese zunächst aber nur die Theilung der Kerne betrifft, welcher erst später die Theilung der Protoplasmaschicht folgt. E. Haeckel hat diese Form der Zellenbildung als oberflächliche oder *superficiale* Furchung unterschieden. Auch bei dieser haben wir einen scharf ausgeprägten Gegensatz von Bildungs- und Nahrungsdotter, von denen jener der peripherischen zähflüssigen Protoplasmalage oder dem »*Keimhautblastem*« entspricht.

Ebenso mannichfaltig als die Vorgänge der Dotterklüftung erscheint die Art und Weise, wie die aus den Furchungskugeln hervorgegangenen Zellen als Embryonalzellen zum Aufbau des Embryo's in Verwendung kommen. Sehr häufig ordnen sich dieselben bei der aequalen und superficialen Furchung in Form einer einschichtigen Keimblase, *Blastophaera*, an, welche als Hohlkugel verflüssigte Elemente des Nahrungsdotters umschliesst, oder es sondern sich die Dotterzellen sogleich als zwei Schichten mit einem flüssige Theile enthaltenden Centralraum. In zahlreichen Fällen, vornehmlich wenn bei relativ reichlich vorhandenem Dotter (inaequale und partielle Furchung) oder bei beständiger Nahrungszufuhr die Embryonalentwicklung einen auf längere Zeit ausgedehnten complicirten Verlauf nehmen kann, erscheint die Anlage des Keimes als eine dem Dotter aufliegende Zellenscheibe, die sich frühzeitig in zwei Schichten oder Blätter sondert, den Dotter aber erst nachher umwächst. Auch im andern Falle bei primär gebildeter Keimblase schreitet nicht selten ein Theil dieser letztern in der weitern Differenzirung und Schichtenbildung rascher vor und erscheint als streifenförmige Verdickung, welche bilateral symmetrisch die Bauch- oder Rückenseite des Leibes bezeichnet. In der Regel aber kommt es dann nicht zur Bildung eines sog. Keim- oder *Primitivstreifens*, indem sich die Anlage gleichmässig fort entwickelt. Früher legte man auf diesen Gegensatz grossen Werth und unterschied nach demselben eine *Evolutio ex una parte* und eine *Evolutio ex omnibus partibus*. Indessen sind beide Formen der Entwicklung weder scharf abzugrenzen, noch haben sie die ihnen früher als Gegensatz [1]) zugeschriebene Bedeutung, da sich selbst nahe Verwandte je nach der Menge des Dottermaterials und der Dauer der Embryonalentwicklung verschieden verhalten können. Eine allseitige und gleichmässige Entwicklung des Embryonalleibes, der jedoch, falls eine Dottermembran fehlt, gar nicht von einer Hülle umschlossen zu sein braucht, finden wir bei den *Coelenteraten* und *Echinodermen*, sodann bei niedern *Würmern* und *Mollusken*, aber auch bei *Anneliden*, selbst *Arthropoden* und *Vertebraten* (*Amphioxus*). Bei den letztern wird jedoch die Bildung des Keimstreifens, welche mit der Anlage des Nervensystems in innigem Zusammenhang steht, später nachgeholt und vollzieht sich im Verlaufe der postembryonalen Entwicklung am Körper der frei schwimmen-

1) Diese bereits in den frühern Auflagen wörtlich gleichlautende Stelle zeigt wie wenig die Bemerkung Haeckels zutrifft, nach welchem der Verfasser dieses Lehrbuchs »die Unterscheidung von Entwicklung mit oder ohne Primitivstreifen für sehr wichtig halte«.

den, selbstständig sich ernährenden Jugendform (*Amphioxus*, *Hirudineen*, *Branchipus*).

Da wo die erste Anlage einen Keimstreifen darstellt, erhält der Embryo erst durch die Umwachsung des Dotters vom Primitivstreifen aus allmählig seine volle Begrenzung unter Vorgängen, mit welchen die vollständige Aufnahme des Dotters in den Leibesraum (*Frosch, Insect*) oder auch die Entstehung eines Dottersackes verbunden ist (*Vögel, Säugethiere*), der die vorhandenen Dotterreste nach und nach in den Körper des Embryo's überführt. Die allmählig fortschreitende Organisirung des letztern bis zu seinem Austritte aus den Eihüllen nimmt jedoch in den einzelnen Thiergruppen einen ausserordentlich mannichfachen Verlauf, für den sich kaum allgemeine Gesichtspuncte als überall massgebend ableiten lassen.

Man wird hier in erster Linie bedeutungsvoll hervorheben, dass in der Anlage des Keimes zwei Zellenlagen zur Sonderung kommen, ein das äussere Integument bildendes Ectoderm oder Hautblatt und ein Entoderm oder Darmdrüsenblatt, welches die Auskleidung der verdauenden Cavität, beziehungsweise des Darmkanals und seiner Anhangsdrüsen erzeugt. Zwischen der äussern und innern Zellenlage bilden sich entweder von dem obern oder von dem untern Blatte oder von beiden Blättern aus intermediäre Zellenschichten, die als Mesoderm oder mittleres Keimblatt bezeichnet werden. Aus diesen Zellenstraten entstehen meist das Muskelsystem und das innere Skelet, ferner die körperlichen Elemente der Lymphe und des Blutes, sowie die Wandungen der betreffenden Gefässe, während die Leibeshöhle entweder einem zwischen Ectoderm und Entoderm zurückgebliebenen Raum entspricht oder secundär durch Spaltung der Zellenlagen des Mesoderms entstanden ist. Das Nervensystem und die Sinnesorgane nehmen wahrscheinlich allgemein ihren Ursprung aus dem obern Blatt, sehr häufig verbreitet durch eine grubenförmige oder rinnenartige Einsenkung mit nachfolgender Abhebung; dahingegen bilden sich die Harn- und Geschlechtsdrüsen sowohl aus dem äussern und innern, als auch aus dem intermediären Blatte, welches ja selbst wieder aus einem der erstern und in letzter Instanz bei der grossen Verbreitung einer primären einschichtigen Keimblase aus dieser abzuleiten ist. Demgemäss entstehen im Allgemeinen zuerst die Haut- und Darmanlagen, auf welche sogar viele Embryonen beschränkt sind, wenn sie als sog. *Planula*- oder *Gastrula*formen mit einer zweischichtigen Zellwandung und einem innern Gastralraum versehn, die Eihüllen verlassen. Dann folgt die Sonderung des Nervensystems und der Muskulatur — zuweilen zugleich mit oder auch nach der Skeletanlage — vornehmlich da, wo es zuvor zur Bildung eines Primitivstreifens kam. Erst später differenziren sich die Harnorgane und mannichfachen Drüsenanlagen, sowie die Blutgefässe und Athmungsorgane. Indessen werden die ersten Jugendzustände, sowohl hinsichtlich der Körperform und Grösse, als der gesammten Organisation in sehr ungleichen Verhältnissen der Ausbildung im Vergleich zu den ausgewachsenen fortpflanzungsfähigen Lebensformen geboren.

Höchst bemerkenswerth erscheint die Thatsache, dass in verschiedenen Thierkreisen schon der auf die beiden Zellenlagen beschränkte mit centraler Höhlung versehene Embryo als frei bewegliche zu selbständigem Leben befähigte

Jugendform hervortritt. Es lag daher überaus nahe, zumal schon vor langer Zeit Th. Huxley[1]) die beiden Grundmembranen des Medusenleibes (von Allman später als *Ectoderm* und *Entoderm* bezeichnet) dem äussern (Hautsinnesblatt) und innern (Darmdrüsenblatt) Blatt des Vertebratenkeimes verglichen hatte, von dem ähnlichen durch den Furchungsprocess des Dotters eingeleiteten Bildungsvorgange nahe übereinstimmender Larven entfernt stehender Thiertypen auf den gleichen phylogenetischen Ursprung zurück zu schliessen und functionell übereinstimmende Organe verschiedener Typen ihrer Entstehung nach auf eine übereinstimmende Uranlage zurückzuführen. In erster Linie war es A. Kowalevski[2]), welcher dieser Auffassung durch die Ergebnisse seiner zahlreichen Untersuchungen über Entwicklungsgeschichte niederer Thiere Grund und Boden gab, indem er nicht nur das Vorkommen zweischichtiger Larven für *Coelenteraten, Echinodermen, Würmer, Ascidien* und unter den Vertebraten für *Amphioxus* nachwies, sondern auch auf Grund der grossen Uebereinstimmung in den weitern Entwicklungsvorgängen der *Ascidien-* und *Amphioxus*-larve, sowie in der Entstehungsweise gleichwerthiger Organe am Embryo von Würmern, Insekten und Vertebraten gegen die bis dahin herrschende an Cuvier's Typenbegriff anschliessende Meinung auftrat, dass die Organe verschiedener Typen nicht einander homolog sein könnten. Indem Kowalevski[3]) aus den Ergebnissen seiner entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten den Schluss zog, dass das Sinnesblatt und die Embryonalhäute bei Insecten und Vertebraten homolog sind, dass die Keimblätter von Amphioxus — und somit der Vertebraten überhaupt — denen der Mollusken (Tunicaten) beziehungsweise Würmern entsprechen, gab er in Uebereinstimmung mit der längst anerkannten Thatsache, dass auch anatomische Zwischenformen und Verbindungsglieder verschiedener Thierkreise oder Typen bestehen, und dass diese letztern nicht etwa in sich abgeschlossene Pläne der Organisation, sondern nur die höchsten Abtheilungen im Systeme repräsentiren, im Grunde nur den Anforderungen der Descendenzlehre einen entwicklungsgeschichtlichen Ausdruck. In der That war es ein vollkommen richtiger Schluss, wenn Kowalevski die Homologie der Keimblätter in den verschiedenen Typen als wissenschaftliche Basis der vergleichenden Anatomie und Embryologie betrachtete, als Ausgangspunkt für das Verständniss der Verwandtschaft der Typen, für die wir bei den Wirbelthieren auf jedem Schritte Beweise finden.

Wenn aber für Kowalevski, dem Begründer der allgemeinen Keimblätterlehre, die eignen umfassenden embryologischen Erfahrungen Anlass zu vorsichtigem Rückhalt gaben, traten andere zu kühner Generalisirung angelegte Forscher sogleich mit fertigen Theorieen hervor, in denen sie die Resultate embryologischer Forschungen im Anschluss an die Descendenzlehre verwertheten.

---

1) Th. Huxley, On the anatomy and affinities of the family of Medusae. Philosophical Transactions. London. 1819.

2) Vergl. A. Kowalevski's verschiedene Aufsätze in den Memoires de l'Acad. de St. Petersbourg über *Rippenquallen, Phoronis, Holothurien, Ascidien* und *Amphioxus*. 1866 und 1867.

3) A. Kowalevski, Embryologische Studien an Würmern und Arthropoden. St. Petersbourg. 1871. pag. 58—60.

Unter diesen [1]) ist vor allen E. Haeckel's [2]) Gastraeatheorie hervorzuheben, welche keinen geringern Anspruch erhebt, als die unhaltbare Typenlehre zu beseitigen und an Stelle der bisherigen Classification auf der Basis der Phylogenie ein neues System zu setzen, dessen oberstes Classifications-Princip die Homologie der Keimblätter und des Urdarms und demnächst die Differenzirung der Kreuzaxe (bilaterale und radiäre Bauart) und des Coeloms ist. Den Ausgangspunkt und die Grundlage derselben bildet die bereits erwähnte Thatsache dass zahlreiche Thiere aus den verschiedensten Abtheilungen zuerst als zweischichtige Larven mit centraler Höhle und Oeffnung derselben (primäre Mundöffnung) zu selbständigem Leben hervortreten. E. Haeckel bezeichnet diese Larvenform als *Gastrula* und erkennt in derselben das in der individuellen Entwicklung erhaltene Abbild einer gemeinsamen Urform, auf welche sämmtliche Metazoen (Thiere mit zellig gesonderten Organen im Gegensatz zu den Protozoen) ihrer Abstammung nach zurück zu führen seien. Für die hypothetische Stammform, die schon in früher Primordialzeit während der laurentischen Periode gelebt haben soll, führt er den Namen *Gastraea* ein und versteht unter *Gastraeaden* die urweltliche Gruppe der in vielen Gattungen und Arten während jenes Zeitraums verbreiteten Gastraeaformen. Aus dieser Supposition wird sodann für sämmtliche Metazoen die complete Homologie des äussern und innern Keimblattes gefolgert, jenes auf das Ectoderm, dieses auf das Entoderm der hypothetischen Gastraea zurückgeführt, während für das mittlere Keimblatt, welches sich erst secundär zwischen den beiden *primären* Blättern und aus denselben entwickelt, eine nur incomplete Homologie beansprucht wird.

Um nun die Frage zu beantworten, wie die verschiedenen Gastraeaformen sich allmählig von einander entfernten und durch Besonderheiten der fortschreitenden Organgestaltung zu den differenten Stammformen der *Typen* (*Phylen*) innerhalb der Metazoen führten, verwerthet er zunächst den Gegensatz von *radiärer* und *bilateraler Architektonik*, der schon früher von R. Leuckart

1) Hier dürfte auch Ray Lancaster's Versuch, das Thierreich auf Grund der embryonalen Zellenschichten zu gliedern, Erwähnung finden. In einer Abhandlung »*On the primitive cell-layers of the embryo as basis of genealogical classification of animals*«. Ann. and Mag nat. history. May 1873 unterscheidet er drei grosse Abtheilungen als *Homoblastica* (*Protozoen* ohne zellig gesonderte Organe); *Diblastica* (*Coelenteraten* mit zwei primitiven Keimhäuten des aus dem gefurchten Ei hervorgegangenen Embryo); *Triploblastica* (die übrigen Thierkreise mit einem Mesoblast zwischen jenen Bildungshäuten, aus welchem Musculatur, Bindesubstanz sowie Blut und Lymphwege hervorgehn). Vergl. auch die neuere Publication desselben Autors »Notes on Embryology and classification for the use of students«. London. 1877, sowie Th. Huxley, Anatomy of Invertebrates. Churchill. 1877.

2) E. Haeckel, Gastraeatheorie. Jen. nat. Zeitschrift. 1874. Die feste Grundlage für diese Gastraea-Theorie soll nach E. Haeckel durch seine Monographie der Kalkschwämme gegeben sein (pag. 13), in welcher die Entdeckung der zweischichtigen Larve »Gastrulaform« mit Nothwendigkeit zu der allgemeinen Frage nach der Homologie der Keimblätter geführt habe. Nun aber haben die neuern Beobachtungen gezeigt, dass bei den Kalkschwämmen gar keine Gastrula im Sinne Haeckel's existirt und selbst O. Schmidt, ein warmer Anhänger der Theorien Haeckels, sieht sich zu dem Geständniss gezwungen: »es ist aber eine sonderbare Ironie des Schicksals, dass sie (die Gastraeatheorie) gerade bei der Thierklasse, von wo aus sie begründet wurde, bei näherm Zusehn nicht ausreicht und nicht zutrifft«.

mit der Haltung und Bewegung der Thiere in Beziehung gebracht worden war und denkt sich als massgebende Ursache ein Verhältniss aus, welches an sich immerhin den Werth einer Idee hat, in Wahrheit aber durch die Thatsachen der Ontogenie widerlegt wird. Indem die eine Gruppe der Gastraeaden die frei bewegliche Lebensweise aufgab und mit dem aboralen Pole ihrer Körperachse sich festsetzte, führte sie eo ipso zu der Stammform des radialen Typus der *Zoophyten*, zum *Protascus*, während die andere Gruppe der Gastraeadescendenten, welche die kriechende Bewegung auf dem Meeresboden annahm, eo ipso die Entstehung der bilateralen Stammform der *Prothelmis* veranlasste. Ich betrachte demnach lediglich, sagt E. Haeckel, einerseits die festsitzende Lebensweise bei der Stammform der Zoophyten (*Protascus*) als die mechanisch wirkende Ursache ihres radialen Typus, andererseits die kriechende Lebensweise bei der Stammform der Würmer (*Prothelmis*) als die mechanische causa efficiens ihres bilateralen Typus oder dipleuren Grundform, die sich von den Würmern auf die vier höchsten Thierstämme (*Echinodermen*, *Arthropoden*, *Mollusken*, *Vertebraten*) vererbte. Die Thatsache, dass die bilaterale und radiäre Bauart mannichfache Uebergänge gestatten und insbesondere unter den Zoophyten auch bilaterale Organismen auftreten, mag ebensowenig wie die mehr als zweifelhafte Berechtigung zu der Deutung der Echinodermen als Stöcke von bilateralen Würmern in Frage kommen; in erster Linie gilt es, an der Hand der ontogenetischen Entwicklungsvorgänge zu zeigen, ob wirklich das Festsitzen oder Fortkriechen der Gastraea-Descendenten als bestimmende Ursache für radiäre oder bilaterale Gestaltung betrachtet werden und somit auf diesem Wege die erste Spaltung innerhalb der Metazoen erklärt werden kann. Schon die Vorgänge der Polypenentwicklung weisen den Grundgedanken Haeckels als unrichtig zurück, denn die Differenzirung der fixirten Actinienlarve vollzieht sich ebenso wie die der Scyphistoma bilateral symmetrisch, beziehungsweise zweistrahlig. Und gleiches gilt für die Entwicklung der freischwimmenden Siphonophore, welche sogar nicht nur im Larvenleben, sondern auch im ausgebildeten Zustande eine bilateral symmetrische Gestaltung haben. Nun aber scheint Haeckels Speculation solche Gastraeaden, welche die freischwimmende Lebensweise nicht aufgaben, ganz vergessen zu haben. Denn wenn die Gastraea-Descendenten, welche sich festsetzten, den radiären Typus der Coelenteraten erzeugten, die andern durch die kriechende Lebensweise ohne Weiteres zum bilateralen Typus der fünf höhern Thierstämme (Bilateralia) hinführten, so konnte den übrigen Nachkommen, welche sich weder fixirten noch eine Körperseite zu kriechender Fortbewegung dem Boden zuwendeten, nur das traurige Schicksal des Untergangs bevorstehen. Man sollte aber gerade umgekehrt erwarten, dass wie heute so auch in früheren Zeitperioden die schwimmende Bevölkerung das Hauptcontingent der Meeresfauna gestellt hat, und dass festsitzende und kriechende Lebensweise nur unter besondern Bedingungen sich entwickeln konnte. In der That sind schwimmende Larvenzustände sowohl unter den radiären Zoophyten als unter den bilateralen Typen, insbesondere der Würmer und Mollusken ausserordentlich verbreitet und zeigen ohne die geringste Andeutung kriechender Bewegung vorwiegend eine bilateralsymmetrische Gestaltung.

Als zweiter Gesichtspunkt wird zur Ableitung der Thierstämme innerhalb der Bilateralthiere das Auftreten der Leibeshöhle (*Coelom*) verwerthet und demgemäss die eine Gruppe ohne Leibeshöhle als *Acoelomier*, die andere mit einer solchen als *Coelomaten* bezeichnet. Unter Leibeshöhle haben wir im Allgemeinen den zwischen Leibeswand und Darmwand vorhandenen Raum zu verstehen, welcher entweder eine homogene flüssige, beziehungsweise gallertige Substanz, oder das mit dem Chylus identische Blut, oder eine lymphoide vom Blute verschiedene Flüssigkeit führt. Bei vielen Bilaterien entsteht dieser Leibesraum (als Pleuroperitonealhöhle) erst secundär durch Spaltung des mittleren Keimblatts (Mesoderms), indem sich die obere Lamelle desselben vornehmlich zur Muskulatur der Körperhaut, die untere zur Muskelhaut der Darmwand umbildet, bei andern namentlich niedern Thieren ist ein solcher Raum schon zwischen dem primären Ectoderm- und Entodermblatte vorhanden und seiner Entstehung nach eventuell bis auf die Segmentationshöhle des sich klüftenden Dotters zurück zu verfolgen. Nur jene secundäre Form der Leibeshöhle, wie wir sie der letztern oder primären Leibeshöhle gegenüber bezeichnen können, entspricht dem Coelombegriff E. Haeckels. Man überzeugt sich jedoch leicht, dass die Verwerthung der Pleuroperitonealhöhle weder als Ausgangspunkt phylogenetischer Erklärung noch als Classificationsprincip überhaupt haltbar ist. Denn wäre auch die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die Leibeshöhle mancher Bilaterien nicht auch auf anderem (Theile des Gastralraums, Echinodermen, Sagitta, Brachiopoden) Wege als durch jene Spaltung und dass sie nicht auch aus dem persistirend gebliebenen primären Leibesraum hätte hervorgehen können, so würde doch schon das systematische Ergebniss an sich vollkommen ausreichen, um die Verwerthung des Coelombegriffs als Grundlage einer veränderten Classification zu beseitigen. Denn thatsächlich besitzen unter den als *Acoelomier* gesonderten Würmern zahlreiche Formen ein Coelom (*Microstomeen, Schnurwürmer, Trematoden* und deren Ammen), während die nächsten Verwandten desselben entbehren. Aber selbst wenn die Leibeshöhle im Sinne Haeckel's als phylogenetischer Gesichtspunkt gelten und der Gegensatz von *Acoelomier* und *Coelomaten* die Trennung grosser natürlicher Abtheilungen begründen könnte, so erfahren wir doch nichts weiter über die Vorgänge, durch welche innerhalb der *Coelomaten*gruppe aus den mit Pleuroperitonealhöhle versehenen Würmern nun die übrigen vier Stämme als Echinodermen, Mollusken, Arthropoden und Vertebraten ihren Gegensätzen nach zur Sonderung gelangten.

So bleibt nichts [1]) von der »*Theorie*« übrig, durch welche nicht nur das phylogenetische Verhältniss der Thiertypen zu einander vollkommen aufgehellt,

---

1) Unter den Schriften gegen die Gastraeatheorie sind folgende hervorzuheben: C. Claus, die Typenlehre und E. Haeckels sog. Gastraeatheorie. Wien. 1874. A. Agassiz, Embryology of the Ctenophorae. Boston. 1874. Salensky, Bemerkungen über Haeckels Gastraeatheorie. Archiv für Naturgeschichte. 1874. E. Metschnikoff, Zur Entwicklungsgeschichte der Kalkschwämme. Zeitschrift für wiss. Zoologie. Tom. XXIV. 1874. H. Fol, Etudes sur le développement des mollusques mémoire etc. Archives de zoologie expérimentale. Tom. IV. G. Moquin Tandon, De quelques applications de l'embryogénie

sondern die Typentheorie dem Umfang wie dem Inhalt des Typusbegriffes nach ein für allemal beseitigt sein sollte. Vielmehr entspricht in Wahrheit das neue System, welches an ihrer Stelle errichtet wird — von den unhaltbaren Acoelomiern abgesehn, genau den modernen Typen, deren Definition dem immanenten Typusbegriff Cuvier's gegenüber als höchste und in verschiedenem Grade der Verwandtschaft stehende Abtheilungen längst ausgesprochen und zur Geltung gebracht war.

Indessen versucht die sog. Gastraealehre, ausgehend von der bereits oben hervorgehobenen Annahme einer *completen Homologie* der beiden primären Keimblätter mit dem Ectoderm und Entoderm der hypothetischen Gastraeaden und der Gastrula, eine theoretische Begründung der Keimblättertheorie durchzuführen. Ob Haeckel diesen zweiten Theil seiner Aufgabe glücklicher als den ersten gelöst hat, mag die Zukunft entscheiden. Immerhin reicht schon das zur Zeit vorliegende ontogenetische Material aus, um die wenn auch geistreichen und durch eine überaus geschickte Nomenclatur unterstützten Speculationen als wissenschaftlich unberechtigte Anticipation einer erst durch die positiven Ergebnisse umfassender Studien auf allen Gebieten der Embryologie zu begründenden vergleichenden Entwicklungsgeschichte erscheinen zu lassen. Bescheidet man sich, solchen Speculationen einen ausschliesslich heuristischen Werth beizulegen, dieselben als Ideen zu betrachten, welche zur Auffindung neuer Thatsachen und gesetzmässiger Correlationen förderlich sein sollen, so wird sich schwerlich ein Einwand gegen ihre Aufstellung vorbringen lassen. Erhebt man jedoch die anspruchsvolle Berechtigung, auf Grund dieser Speculationen eine wahre und überall zutreffende Erklärung für die Vorgänge der Entwicklung gewonnen, das »phylogenetische Verhältniss der Thiertypen zu einander vollständig aufgehellt zu haben«, so verfällt man dem auch die ältere Naturphilosophie charakterisirenden Irrthum, eine auf beschränkter Grundlage gewonnene höchstens als Möglichkeit zu betrachtende Abstraction für unfehlbare Wahrheit zu halten und ihr zu Liebe die zu beobachtenden Erscheinungen und Vorgänge dogmatisch zu deuten oder gar a priori zu erschliessen. Schon der Fundamentalsatz von der completen Homologie der beiden Keimblätter hat lediglich den Werth einer Hypothese, welche wenn auch mit noch so grosser Bestimmtheit als »*zweifellos*« dargestellt, doch um so dringender der Beweisführung bedarf, als naheliegende Erwägungen gegen die Wahrheit derselben sprechen, jedenfalls zu besonnener Vorsicht mahnen. Die Thatsache, dass die Bildung der sog. Gastrulaform bald auf dem Wege der Invagination, bald auf dem der Spaltung erfolgt, in andern Fällen sofort nach Ablauf der Furchung durch primäre Anordnung der Furchungszellen in eine äussere und innere Lage geschieht, gibt in Verbindung mit dem verschiedenen Verhalten des sog. Gastrulamundes zu Bedenken begründeten Anlass. Eine andere Betrachtung weist darauf hin, dass die gleichartige Lage beider Blätter an sich nicht im entferntesten die Nothwendigkeit einer completen Homologie involvirt, geschweige

---

à la classification méthodique des animaux. Ann. de sciences nat. 1876. R. Leuckart, Bericht über die wissensch. Leistungen in der Naturg. der niedern Thiere während der Jahre 1872—75. 1877.

denn für die Gleichwerthigkeit der aus denselben entstehenden Organe und Gewebe in allen Thierkreisen Beweiskraft hat. Jedes Thier mit zellig gesonderten Organen, welches Nahrung aufnimmt, selbständig verarbeitet und verdaut, bedarf ausser einer den Körper begrenzenden äussern Haut einer innern Darmhaut, welche der Natur ihrer Funktion nach aus einer Zellenlage gebildet ist und sein muss. So wenig es aber zulässig erscheint, in dem Besitze einer Körperhaut und einer Darmhaut, bei Thieren aus verschiedenen Metazoenkreisen die vollkommnere Homologie und übereinstimmende Herkunft dieser Organe bewiesen zu sehen, ebenso wenig wird man die beiden Epitelien, welche an den allen Metazoen (von Rückbildungen abgesehen) gemeinsam zukommenden Organen auftreten, so ohne weiteres wegen der innern und äussern Lage, sowie wegen des frühzeitigen Auftretens in der embryonalen Entwicklung als morphologisch gleichwerthige Gebilde in Anspruch nehmen. Selbst die Wahrscheinlichkeit einer monophyletischen Abstammung sämmtlicher Thierkreise und das physiologisch begründete primitive Auftreten einer innern Gastralfläche (vergl. pag. 32) zugestanden, erscheint doch keineswegs eine einheitliche Stammgruppe der Metazoen im Sinne der Gastraeaden als einzige Möglichkeit. Auch in dem Falle, dass verschiedene von der Gastraea abweichende Urformen existirt und neben jener in aufsteigender Entwicklung zur Entstehung verschiedener Metazoenkreise geführt haben, würde das Verhältniss bestehen müssen, dass das Hautepitel der äussern, das Darmepitel der innern Zellenschicht entspricht und dass die zwischen beiden gelagerten als *Mesoderm* zu bezeichnenden Zellenstraten die intermediär gelagerten Organe erzeugt haben. Es steht demgemäss überhaupt in Frage, ob die Entwicklungsgeschichte in allen Fällen für sich allein ausreicht, um in der Morphologie als absolutes Criterum verwerthet werden zu können.

Für die *Mesoderm*gewebe begnügt sich indessen auch Haeckel mit der Annahme einer imcompleten Homologie (trotz des Coelombegriffes!), da die Herkunft desselben bald aus Entoderm, bald aus Ectoderm, bald aus beiden Primärblättern zugleich abgeleitet wird. Sicher wohl hat das Mesoderm der Coelenteraten eine von dem der übrigen Kreise wesentlich abweichende Bedeutung, während die bei *Anneliden*, *Bryozoen* und manchen *Mollusken* nachgewiesene gleichartige Entstehung des Mesoderms (aus zwei symmetrisch gelagerten aus dem Entoderm ausgetretenen Intermediärzellen) eine grosse Bedeutung für die engere Zusammengehörigkeit dieser Thierkreise zu haben scheint.

Ohne auf die Details der theoretischen Erörterung Haeckel's einzugehen, die im Grossen und Ganzen als eine Generalisiung der Baer-Remak'schen Keimblättertheorie, übertragen von den Vertebraten auf das gesammte Gebiet der Metazoen, zu bezeichnen ist, mag es an dieser Stelle genügen, als Ergebniss hervorzuheben, dass es Haeckel [1]) mit Hülfe der zwar höchst anregenden,

1) Zwar haben viele der treffenden Bezeichnungen, welche Haeckel für bestimmte Verhältnisse und Formen von Entwicklungsvorgängen vorgeschlagen hat, mit Recht eine beifällige Aufnahme gefunden, ohne dass damit selbstverständlich die Wahrheit der Theorie zur Anerkennung gebracht, geschweige denn bewiesen worden wäre. Uebrigens scheint auch E. Haeckel neuerdings selbst zu der Einsicht gekommen zu sein (Vergl.

aber ebenso künstlichen und tendenziösen Speculationen keineswegs gelungen ist, eine einheitliche Grundlage für die vergleichende Embryologie zu schaffen, welche nicht lediglich durch *Reflexion*, sondern nur auf sicherm Boden einer umfassenden thatsächlichen Unterlage gewonnen werden kann.

Directe Entwicklung und Metamorphose.

Je vollkommener die Uebereinstimmung der ausgeschlüpften Jungen mit dem Geschlechtsthiere ist, um so grösser wird sich zumal bei höher organisirten Thieren die Zeitdauer, um so complicirter werden sich die Bildungsvorgänge des Embryos erweisen müssen. Die Entwicklung im freien Leben beschränkt sich in diesem Falle auf einfaches Fortwachsen und auf die Ausbildung der Geschlechtsorgane. Hat dagegen das Embryonalleben einen relativ (im Verhältniss zur Höhe der Organisation) raschen und einfachen Verlauf, wird mit andern Worten der Embryo sehr frühzeitig und auf einer relativ niedern Organisationsstufe geboren, so wird die freie Entwicklung sich um so complicirter gestalten und mannichfache Vorgänge von Umbildung und Formveränderung darbieten. Man nennt diese Form postembryonaler Entwicklung *Metamorphose.* Das neugeborene Junge erscheint dem ausgewachsenen Thiere gegenüber als *Larve* und wächst allmählig und keineswegs direct und gleichmässig, sondern im Zusammenhang mit den Bedürfnissen einer selbstständigen Ernährung und Vertheidigung, unter provisorischen Einrichtungen, gewissermassen auf Umwegen, zu der Form des Geschlechtsthieres aus.

Für die allerdings durch Uebergänge verbundenen, bei schärferer Ausprägung aber bestimmt gegenüberstehenden Entwicklungsformen der Metamorphose und der directen Entwicklung erscheint daher die Quantität des dem Embryo zu Gebote gestellten Bildungs- und Nahrungsmateriales im Verhältnisse zur Grösse des ausgewachsenen Thierleibes von grosser Bedeutung (R. Leuckart).

E. Haeckel, Gastraeatheorie. Nachträge 1877. § 24. Heuristische Bedeutung), dass seine Theorie sich auf den Werth *eines heuristischen Principes* beschränke. Wenn er freilich diesem Eingeständniss gegenüber seine »dualistischen« oder mindestens »empirischen« Gegner zu widerlegen für überflüssig hält (wohl besser für überflüssig zu halten gezwungen ist), weil »die meisten und zuverlässigsten der neuern Arbeiten die Gastraeatheorie mit ihren wichtigsten Folgerungen bestätigt und weiter ausgeführt« hätten, so enthält dieser Widerspruch das beste Zeugniss, dass wir es mit der Logik bei H. nicht immer allzu streng zu nehmen haben. Thatsächlich aber hat H. in der Fortsetzung und Nachträgen seiner Gastraeaschrift nicht nur keinen der von seinen Gegnern bekämpften Gesichtspuncte aufrecht zu erhalten versucht, sondern im Grunde nur die Generalisirung der Baer-Remak'schen Keimblättertheorie weiter ausgeführt. Wenn er daher in dem Schlusscapitel seiner Schrift die heuristische Bedeutung der Gastraeatheorie zu prüfen sich entschliesst und nunmehr im Gegensatz zu der frühern anspruchsvollen Prätension sich bescheidet, ihr eine mehr heuristische als causale Bedeutung beizulegen, so können sich mit diesem Resultate seine zwar nicht »dualistischen«, aber »empirischen« Gegner vollkommen befriedigt erklären, zumal einige derselben wie der Verfasser nicht Darwinismus und Descendenzlehre, nicht monophyletische Entwicklung und phylogenetische Verwandtschaft der Typen, sondern lediglich die Methode Haeckel's bekämpfen, sonst aber nicht anstehen werden, den anregenden Einfluss seiner Speculationen vollkommen anzuerkennen.

Die Thiere mit *directer Entwicklung* bedürfen — und zwar im allgemeinen proportionirt der Höhe ihrer Organisationsstufe und Körpergrösse — einer reichern Ausstattung des Eies mit Nahrungsdotter oder besonderer accessorischer Ernährungsquellen für den sich entwickelnden Embryo und entstehen daher entweder aus relativ grossen Eiern (*Vögel*) oder bilden sich in inniger Verbindung mit dem mütterlichen Körper unter fortwährender Zufuhr von Nahrungsstoffen aus (*Säugethiere*). Die Thiere dagegen, welche sich auf dem Wege der *Metamorphose* entwickeln, entstehen durchweg in relativ kleinen Eiern und erwerben nach der frühzeitigen Geburt selbstständig durch eigene Thätigkeit das ihnen im Eileben gewissermassen vorenthaltene, für eine höhere Organisirung nothwendige Material. Jene bringen unter sonst gleichen Verhältnissen eine nur geringe, diese eine sehr grosse Zahl von Nachkommen aus der gleichen zur Fortpflanzung verwendbaren Menge von Zeugungsmaterial hervor; die Metamorphose erscheint daher als eine Entwicklungsform, welche die Grösse der Fruchtbarkeit, das heisst die Menge der aus einer gegebenen Bildungsmasse erzeugten Nachkommen ausserordentlich erhöht, und hat demgemäss auch im Haushalt unter den mannichfachen Wechselbeziehungen des Naturlebens eine grosse physiologische Bedeutung, während sie systematisch nur in höchst untergeordnetem Grade verwerthbar ist.

Man hat in früherer Zeit diese indirekte, unter Vorgängen mannichfacher Reduktionen und Neubildungen sich vollziehende »Metamorphose« aus dem Bedürfniss von Schutz- und Ernährungseinrichtungen der frühzeitig ins Leben getretenen einfach organisirten Jugendform zu erklären versucht (R. Leuckart). Mit dem Nachweise solcher Wechselbeziehungen ist nun zwar ein wichtiger Faktor zum Verständniss der merkwürdigen Vorgänge, aber ebenso zweifellos noch keine Erklärung derselben gegeben. Einer Erklärung treten wir erst mit Hülfe der Principien des Darwinismus und der Descendenzlehre näher, nach welcher Formgestaltung und Bau der Larven mit der Stammesentwicklung (*Phylogenese* E. Haeckel) in Beziehung zu setzen und in der Weise aus jener abzuleiten sind, dass die jüngern Larvenzustände älteren und primitiven, die vorgeschritteneren, dagegen später aufgetretenen und höher organisirten Thierformen des Stammes entsprechen würden. In diesem Sinne erscheinen die Entwickelungsvorgänge des Individuums als eine mehr oder minder vollständige Recapitulation der Entwicklungsgeschichte der Art, freilich mit mannichfachen im Kampfe ums Dasein durch Anpassung bewirkten Veränderungen und Fälschungen. (Fritz Müller's [1]) Fundamentalsatz, von E. Haeckel als *biogenetisches Grundgesetz* bezeichnet). Die Urgeschichte der Art wird demgemäss in der Entwicklungsgeschichte des Individuums um so vollständiger erhalten sein, je länger die Reihe der Jugendzustände ist, welche sie gleichmässigen Schrittes durchläuft, sie wird um so treuer erhalten sein, je weniger die Eigenthümlichkeiten der Jugendzustände als selbständig erworben, beziehungsweise als aus späteren in frühere Lebensabschnitte zurückverlegt sich auffassen lassen (Copepoden — Insecten).

---

1) Fritz Müller, Für Darwin. Leipzig. 1863. pag. 75—81.

Die in der Entwicklungsgeschichte erhaltene geschichtliche Urkunde wird aber durch Vereinfachung und Abkürzung der freien Entwicklung allmählig verwischt, indem die aufeinanderfolgenden Phasen der Umgestaltung allmählig mehr und mehr in das Leben des Embryos zurückverlegt werden und unter dem Schutze der Eihüllen auf Kosten eines reichlicher gegebenen Nährmaterials (Secundärer Dotter, Eiweiss, Placenta) rascher und in abgekürzter Form zum Ablauf kommen (*Garneelen*, *Copepoden* — *Flusskrebs*, *Siphonostomen*). Die Entwicklung des Embryos innerhalb der Eihüllen ist demnach selbst eine zusammengezogene und vereinfachte Metamorphose, und also die sog. directe Entwicklung der Metamorphose gegenüber eine *secundäre* Entwicklungsform.

Generationswechsel, Polymorphismus und Heterogonie.

Bei der directen Entwicklung sowohl als bei der Metamorphose kommen die verschiedenen Altersstadien des freien Lebens, mögen sie dem Geschlechtsthiere gleichgestaltet sein oder als Larven durch provisorische Einrichtungen und Larvenorgane von demselben abweichen, an ein und demselben Individuum zum Ablauf. Es gibt aber andere Formen der Entwicklung, welche durch den gesetzmässigen Wechsel verschiedener fortpflanzungsfähiger Generationen bezeichnet werden, bei denen die Lebensgeschichte der Art keineswegs mit der Entwicklung eines einzigen Individuums zusammenfällt, sondern sich aus dem Leben zweier oder mehrerer auseinander hervorgehender Generationen zusammensetzt.

Eine solche Entwicklungsart ist der *Generationswechsel* (*Metagenese*), der gesetzmässige Wechsel einer geschlechtlich entwickelten Generation mit einer oder mehreren ungeschlechtlich sich fortpflanzenden Generationen. Vom Dichter Chamisso [1]) für die Salpen entdeckt, jedoch länger als zwei Decennien unbeachtet geblieben, wurde der Generationswechsel von J. Steenstrup [2]) in sein Recht eingesetzt und zugleich an der Fortpflanzung einer Reihe von Thieren (*Medusen*, *Trematoden*, *Aphiden*) als ein Entwicklungsgesetz erörtert. Das Wesen desselben beruht darauf, dass die Geschlechtsthiere Nachkommen erzeugen, welche von ihren Eltern Zeitlebens verschieden bleiben, jedoch fortpflanzungsfähig sind und zwar auf ungeschlechtlichem Wege als *Ammen* durch Knospung oder Keimbildung eine Brut hervorbringen, welche entweder zur Form und Organisation der Geschlechtsthiere zurückkehrt oder sich ebenfalls ungeschlechtlich vermehrt und erst in ihren Nachkommen zu den Geschlechtsthieren zurückführt. Im letztern Falle nennt man die erste Generation der *Ammen* die »*Grossammen*« und die von ihnen erzeugte zweite Ammengeneration »*Ammen*«; das Leben der Art wird dann durch die Entwicklung von drei ver-

---

1) Adelbertus de Chamisso, De animalibus quibusdam e classe vermium Linnaeana in circumnavigatione terrae auspicante comite N. Romanzoff duce Ottone de Kotzebue annis 1815. 1816. 1817. 1818 peracta. Fasc. I. De salpa. Berolini. 1819.

2) Joh. Jap. Sm. Steenstrup, Ueber den Generationswechsel etc., übersetzt von C. H. Lorenzen. Copenhagen. 1842.

schiedenen auseinander hervorgehenden Generationen (Geschlechtsthier, Grossamme und Amme) zusammengesetzt. Die Entwicklung der zwei, drei oder zahlreichen Generationen kann eine directe sein, oder auf einer mehr oder minder complicirten Metamorphose beruhen, und ebenso kann das Verhältniss von Ammen zur Geschlechtsgeneration bald mehr dem von ähnlich sich ernährenden und eine ähnliche Organisationsstufe vertretenden Thierformen (*Salpen*), bald dem von Larve und Geschlechtsthier (*Trematoden, Cestoden, Medusen*) entsprechen. Demgemäss haben wir verschiedene Formen von Generationswechsel zu unterscheiden, die auch genetisch eine verschiedene Ableitung und Erklärung finden.

Das letztere der Metamorphose ähnliche Verhältniss der Metagenese haben wir uns wohl in den meisten Fällen in der Weise entstanden zu erklären, dass niedere Zustände der Stammesentwicklung, wenn auch durch Anpassung verändert und gefälscht, mit der Fähigkeit ungeschlechtlicher Fortpflanzung sich erhalten haben. Die *larvenähnliche Amme* wird sich genetisch in ähnlicher Weise wie die *Larve* verhalten, ihre Stammform besass jedoch neben der geschlechtlichen noch die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Knospung welche sich im Laufe der phylogenetischen Entwicklung erhalten hat. Im andern Falle bei gleichwerthiger Stufe von Amme und Geschlechtsthier wie bei den Salpen dürfte sich die Metagenese (ähnlich wie Trennung des Geschlechtes aus dem Hermaphroditismus) auf dem Wege der Arbeitstheilung aus ursprünglich gleichartigen Geschlechtsthieren), welche zugleich Knospen producirten, entwickelt haben. Es war für die Gestaltung der regelmässigen Knospenkette (stolo prolifer) von Vortheil, dass an den dieselbe producirenden Individuen die geschlechtliche Zeugung unterdrückt und die Fortpflanzungsorgane bis zum schliesslichen Schwunde der Anlagen rückgebildet wurden, während die zu Ketten vereinigten Individuen ihre Geschlechtsorgane frühzeitig zur weitern Ausbildung brachten, dagegen die Anlage zum stolo prolifer völlig verloren haben.

Wie aber überhaupt bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Knospung im Falle unterbliebener Abtrennung Colonien und Stöcke von Thieren ihren Ursprung nehmen, so ergeben sich auch bestimmte Formen des Generationswechsels durch den dauernd aufrecht erhaltenen Verband von Amme und Geschlechtsthier (Hydroiden). Gestalten sich nun aber die am Thierstock sprossenden Individuen nicht alle in gleicher Weise zu ernährenden und aufammenden und zu Geschlechtsindividuen, sondern differiren dieselben nach Bau und Gestaltung so, dass sie entsprechend verschiedene Leistungen und Arbeiten für die Erhaltung des Stockes besorgen, so ergibt sich die als *Polymorphismus* [1]) bekannte Form des Generationswechsels, welche an den polymorphen Thierstöcken der *Siphonophoren* zu so hoher Ausbildung gelangt.

Mit der Metagenese verwandt, aber genetisch in anderer Weise zu erklären, ist die erst in neuerer Zeit näher bekannt gewordene von R. Leuckart als Heterogonie (Joh. Müller) bezeichnete Form der Fortpflanzung. Dieselbe characterisirt sich durch die Aufeinanderfolge verschieden gestalteter, unter

1) R. Leuckart, Ueber den Polymorphismus der Individuen oder die Erscheinung der Arbeitstheilung in der Natur. Giessen. 1851.

abweichenden Ernährungsverhältnissen lebender Geschlechtsgenerationen. Am vollkommensten für kleine Nematoden (*Ascaris* — *Rhabditis nigrovenosa* und *Leptodera* — *Rhabditis appendiculata*) nachgewiesen, ist dieselbe kaum anders als in Folge von Anpassung an wesentlich veränderte Lebensbedingungen entstanden abzuleiten. Je nachdem der kleine Rundwurm als Parasit unter günstigen Ernährungsbedingungen sich entwickelt oder im Freien auf die spärlichen Nährstoffe feuchter Erde oder schlammigen Wassers angewiesen ist, gestaltet sich der Körper des Geschlechtsthieres auch seiner Organisation nach in dem Masse verschieden, dass wir beiderlei Form ohne ihre Beziehung zu kennen, verschiedenen Gattungen subsummiren würden. Bei *Ascaris nigrovenosa* aus der Lunge der Batrachier und der zu ihr gehörigen frei lebenden *Rhabditis* folgen sogar beide Generationen in streng alternirendem Wechsel. Anderen Fällen von *Heterogonie* begegnen wir in dem sog. Saisondimorphismus der Lepidoptern und in gesteigertem Masse bei den Rindenläusen (*Chermes*) und Wurzelläusen (*Phylloxera*), bei denen sich eine oder mehrere (geflügelte und ungeflügelte) Generationen durch parthenogenetische Fortpflanzung characterisiren und lediglich aus Eier legenden Weibchen bestehen, während die Begattungs- und Befruchtungs-bedürftige Generation von Weibchen zugleich im Vereine mit Männchen zu einer bestimmten Jahreszeit zur Erscheinung kommt und durch die Reduction des Darmapparats sowie geringe Körpergrösse ausgezeichnet ist.

Da aber durch die Parthenogenese die Grenze zwischen geschlechtlicher (Ei) und ungeschlechtlicher (Spore) Fortpflanzung verwischt wird, führen solche Formen von *Heterogonie* scheinbar zum Generationswechsel zurück und vornehmlich dann, wenn die parthenogenetischen Generationen dem regelmässigen Ausfall der Begattung und Befruchtung weiterhin angepasst sind und in ihrem weiblichen Generationsapparat wesentliche Abweichungen dem befruchtungsbedürftigen Weibchen gegenüber gewonnen haben. Dieser Fall trifft in der That für die *Blattläuse* oder *Aphiden* zu, deren Fortpflanzung man nach dem Vorgange von Steenstrup und v. Siebold lange Zeit als Generationswechsel beurtheilte, bis die zuerst von Claus näher begründete, auf die Fortpflanzungsvorgänge der verwandten Rindenläuse gestützte Auffassung, nach welcher die viviparen sog. Blattlausammen eine Form von umgestalteten, der parthenogenetischen Fortpflanzung angepassten Weibchen repräsentiren, der sog. Keimstock dem Ovarium entspricht, und die Fortpflanzung als Heterogonie zu deuten ist, neuerdings auf Grund der Entdeckungen von Derbès (Aphis terebinthi) und Balbiani (Phylloxera) durch diese Forscher und R. Leuckart zu allgemeiner Anerkennung gebracht worden ist.

Noch näher zum Generationswechsel führen endlich solche Fälle hin, bei welchen die parthenogenetische Entwicklung des Eies schon frühzeitig in dem eben angelegten Ovarium der Jugendform stattfindet, die Fortpflanzung also in das Larvenleben zurückverlegt wird, die Larve sich demnach physiologisch einer larvenartigen Amme gleich verhält. Dann erhalten wir, wie für die Puppen einer *Chironomus*art und die Larven einer Gallmücke, *Cecidomyia* (*Miastor*), bekannt geworden, eine dem Generationswechsel überaus analoge Form von

Heterogonie [1]), die jedoch trotz scheinbarer Uebereinstimmung genetisch in ganz anderer Weise und zwar in engerm Verbande mit der Heterogonie von der Parthenogenese aus zu erklären ist. Uebrigens hat man neuerdings nach dem Vorgange von C. E. v. Baer die Fortpflanzung morphologisch unentwickelter Jugendformen als *Paedogenese* bezeichnet.

Ein wesentlicher Charakter der *Heterogonie* sowohl als des *Generationswechsels,* die wegen der Unmöglichkeit, zwischen Keimzelle und Eizelle ein absolutes Kriterium festzustellen, in der Praxis kaum scharf abzugrenzen sind — da man den Ausgangspunkt für die Entstehung der unter Ausschluss der Befruchtung sich fortpflanzenden Generation nicht für jeden Fall wird bestimmen können — beruht auf der Verschiedenheit der sich in ungleicher Weise fortpflanzenden Thiere, die nicht durch dasselbe Individuum repräsentirt sein können, so dass etwa die Amme später zum Geschlechtsthier würde (wie dies bei dem sog. Generationswechsel der Steincorallen der Fall zu sein scheint). In solchen Fällen kann es sich wohl um Vorstufen eines wahren Wechsels zweier verschieden sich fortpflanzender Generationen, also höchstens um eine Art unvollkommener Metagenese oder Heterogonie handeln. In die letztere Kategorie würden die Fortpflanzungsvorgänge der Rotatorien und Phyllopoden zu stellen sein, deren Weibchen Sommereier (mit parthenogenetischer Entwicklung) und später befruchtungsbedürftige Wintereier erzeugen. Erst da wo die Existenz ausschliesslich parthenogenesirender Generationen, welche sich nur ohne Männchen fortpflanzen, neben den wahren Geschlechtsthieren, nachweisbar ist und für jene Besonderheiten bestehen, mit welchen der Ausfall der Befruchtung im Zusammenhang steht, werden wir eine wahre Heterogonie zu constatiren haben. Dass dies Verhältniss auch bei manchen Phyllopoden (*Apus, Artemia*) und Insecten (*Solenobia*) in Wirklichkeit zutrifft, erscheint keineswegs unwahrscheinlich.

---

1) Wenn neuerdings Weismann *Metagenese* und *Heterogonie* in der Weise von einander abzugrenzen sucht, dass er für jene eine *phyletisch ungleichwerthige Formenreihe,* für diese *eine Reihe phyletisch gleichwerthiger Formen* als Ausgangspunkt nimmt, von dem Unterschied der Fortpflanzungsweise, ob geschlechtlich oder ungeschlechtlich, aber ganz absieht, so ist das eine ziemlich willkürliche und wissenschaftlich unberechtigte Determination, durch welche genetisch Zusammengehöriges getrennt und umgekehrt Verschiedenartiges verbunden wird. So ist denn in der That die Fortpflanzung von *Cecidomyia* zu einer regressiven *Metagenese* geworden, während die Fortpflanzung der Salpen ganz aus dem Bereiche der Metagenese entfernt und der Heterogonie subsummirt wird.

Geschichtlicher Ueberblick[1].

Die Anfänge der Zoologie reichen weit in das Alterthum zurück, aber erst Aristoteles (im vierten Jahrh. v. Chr.) ist als der Begründer unserer Wissenschaft anzusehen, da er die zerstreuten Erfahrungen seiner Vorgänger sammelte und mit seinen eigenen ausgedehnten Beobachtungen in philosophischem Geiste wissenschaftlich verarbeitete.

Ein Zeitgenosse von Demosthenes und Plato (384—322) wurde er von Philipp von Macedonien zur Erziehung seines Sohnes, Alexander des Grossen, berufen und erhielt später von seinem dankbaren Schüler bedeutende Mittel zur Verfügung gestellt, um die von Alexander eroberten Länder durchreisen zu lassen und ein umfassendes Material zur Naturgeschichte der Thiere zu sammeln. Die wichtigsten seiner zoologischen Schriften[2]) handeln von der »Zeugung der Thiere«, von den »Theilen der Thiere« und von der »Geschichte der Thiere«. Leider ist uns das letzte wichtigste Werk nur unvollständig in zehn Büchern erhalten, und diese sind nicht einmal alle echt, da nicht nur in den sechs ersten und in dem achten Buche eine grosse Anzahl von fremden Stellen eingeschoben sind, sondern sogar das siebente, neunte und zehnte Buch für völlig fremde Erzeugnisse gehalten werden. Man darf in Aristoteles nicht etwa einen ausschliesslich descriptiven Zoologen und in seinen Werken ein bis ins Kleinste ausgeführtes Thiersystem suchen wollen, dem grossen Denker und Philosophen musste eine solche einseitige Behandlung der Wissenschaft fern liegen. Aristoteles betrachtete das Thier als lebendigen Organismus in seinen Beziehungen zur Aussenwelt, nach der Entwicklung, dem Baue und den Lebenserscheinungen und schuf eine vergleichende Zoologie im weitern Sinne des Wortes, die in mehrfacher Hinsicht als erste Grundlage unserer Wissenschaft dasteht. Sein Streben war darauf gerichtet, ein Bild von dem Leben der Thierwelt zu gewinnen, daher begnügt er sich nicht etwa mit einer Beschreibung der äussern Erscheinung und der äussern Theile, sondern geht in vergleichender Weise auf den Bau der innern Organe und auf die Verrichtungen derselben ein, stellt die Lebensweise, Fortpflanzungs- und Entwicklungsgeschichte dar und würdigt die psychischen Thätigkeiten, Triebe und Instincte einer eingehenden Betrachtung, überall aus dem Einzelnen in's Ganze hinausschreitend, die Wechselbeziehungen und den innern Zusammenhang der Erscheinungen

1) Victor Carus, Geschichte der Zoologie. München. 1872.

2) Vergl. besonders Jürgen Bona Meyer's Aristoteles Thierkunde. Berlin. 1855. A. v. Frantzius, Aristoteles Theile der Thiere. Leipzig. 1853. Aubert und Wimmer, Aristoteles Fünf Bücher von der Zeugung und Entwicklung der Thiere, übersetzt und erläutert. Leipzig. 1860. Aubert und Wimmer, Aristoteles Thierkunde. Band I und II. Leipzig. 1868.

feststellend. Das Werk unseres grossen Meisters wird also mit Aubert und Wimmer eine »Biologie der gesammten Thierwelt« zu nennen sein, »gegründet auf eine grosse Menge von Specialkenntnissen, belebt durch den grossartigen Gedanken, alles thierische Leben als einen Theil des Weltalls in allen seinen unendlichen Modificationen zu einem einheitlichen Gemälde zusammenzufassen und erfüllt von der Weltanschauung, für die Gesetze des natürlichen Geschehens einen vernünftigen Endzweck vorauszusetzen«. Einer solchen Behandlungsweise musste die Eintheilung der Thiere in natürliche Gruppen entsprechen, die mit Rücksicht auf das damals bekannte relativ spärliche Material mit bewunderungswürdigem Scharfblicke gebildet worden sind. Die Unterscheidung in *Blutthiere* (*ἔναιμα*) und *Blutlose* (*ἄναιμα*), welche er keineswegs als systematische Begriffe gebrauchte, beruht freilich der Bezeichnung nach auf einem Irrthum, da der Besitz einer Blutflüssigkeit allen Thieren zukommt und die rothe Farbe keineswegs, wie Aristoteles glaubte, als Kriterium des Blutes gelten kann, allein im Grunde stellte sie die zwei grossen Abtheilungen der *Wirbelthiere* und *Wirbellosen* gegenüber, wie auch bereits Aristoteles für die Blutthiere den Besitz einer knöchernen oder grätigen Wirbelsäule hervorhebt. Die acht natürlichen Thiergruppen des Aristoteles sind folgende:

Blutthiere (*ἔναιμα*) = Wirbelthiere.

1) *Lebendig gebärende Thiere* (Vierfüsser) (*ζωοτοκοῦντα ἐν αὐτοῖς*), neben welche als besonderes *γένος* die Wale gestellt werden.
2) *Vögel* (*ὄρνιθες*).
3) *Eier legende Vierfüsser* (*τετράποδα ἢ ἄποδα ᾠοτοκοῦντα*).
4) Fische (*ἰχθύες*).

Blutlose (*ἄναιμα*) = Wirbellose.

5) *Weichthiere* *μαλάκια* (Cephalopoden).
6) *Weichschalthiere*(*μαλακόστρακα*).
7) *Kerfthiere* (*ἔντομα*).
8) *Schalthiere* (*ὀστρακοδέρματα*). Echinen, Schnecken und Muschelthiere.

In diesen Hauptabtheilungen (*γένη μέγιστα*), denen eine Reihe von Uebergangsgruppen, z. B. die Affen, Fledermäuse, Strausse, Schlangen, Einsiedlerkrebs etc. als Verbindungsglieder zur Seite gestellt wurden, unterschied Aristoteles Unterabtheilungen, ohne dieselben jedoch als Kategorien verschiedener Stufenordnung zu präcisiren. Der Begriff, den er mit dem Ausdruck *γένος* verband, war ein sehr unbestimmter und dehnbarer, etwa unserem Ausdruck »Gruppe« vergleichbar, insofern er ebensowohl für Abtheilungen von allgemeinem Werthe, die wir jetzt als Ordnungen, Unterordnungen und Familien bezeichnen, als für die engere Gruppe unserer Gattung oder Sippe gebraucht wurde. Dem dehnbaren systematisch noch nicht schärfer analysirten Begriffe von *γένος* gegenüber gebrauchte Aristoteles den Ausdruck *εἶδος*, um eine enger begrenzte Einheit zu bezeichnen, die jedoch keineswegs der Art oder Species vollkommen entspricht. Die Begriffe von *γένος* und *εἶδος* hatten in ihrer Anwendung noch keine so feste Beziehung, waren vielmehr wechselnde Verhältnissbegriffe.

Als Erklärungsprincip verwerthete Aristoteles in ausgedehntestem Masse den Zweckbegriff und wurde hiermit zur teleologischen Betrachtungsweise geführt. Ausgehend von der Voraussetzung eines vernünftigen Endzwecks, welchem er die Erscheinungen der Natur als zweckmässige unterordnete, erkannte er in dem Menschen den Mittelpunkt der ganzen Schöpfung. Diese mit

der Teleologie innig verknüpfte anthropomorphistische Anschauung ergab sich jedoch als nothwendige Consequenz der damals noch mangelnden physikalischen Erklärung. Da die Hülfsmittel der Beobachtung und Zergliederung zu unvollkommen waren, um eine exaktere zum Experiment hinführende Fragestellung zu gestatten, musste man bei dem vorhandenen Bedürfniss nach Erklärung oder wenigstens nach dem Nachweis eines gewissen Zusammenhangs zur Teleologie seine Zuflucht nehmen. In diesem Umstande liegen aber auch die grossen Mängel der Aristotelischen Behandlung seines reichen zoologischen Wissens begründet. Die Idee mechanisch wirksamer Ursachen konnte bei Aristoteles gegenüber der unbestimmten und zur Erklärung unverwerthbaren Begriffe von Zweck und Zweckmässigkeit nicht aufkommen, wie wir ähnliches auch jetzt noch bei selbst geistig hochbegabten Gelehrten besonders auf humanistischem Wissensgebiete beobachten. Immerhin mag auch bei Aristoteles eine an sich geringere Fähigkeit zu physikalisch exakter Richtung ein Hinderniss gewesen sein. In diesem Sinne mögen einige Bemerkungen Tyndall's [1]) hier ihren Platz finden. »Als Physiker zeigte Aristoteles, was wir für die schlimmsten Eigenschaften eines modernen Naturforschers halten würden: Unbestimmtheit der Ideen, Verstandesverwirrung und eine zu grosse Zuversicht im Gebrauch der Sprache, welche zu der täuschenden Annahme führte, dass er seinen Gegenstand beherrsche, während es ihm noch nicht einmal gelungen war, der Elemente derselben habhaft zu werden. Er setzte Worte an die Stelle der Dinge, Subjekt an die Stelle des Objekts. Er predigte Induction, ohne sie auszuüben, indem er den richtigen Gang der Forschung dadurch umkehrte, dass er vom Allgemeinen zum Speciellen ging, statt vom Besondern zum Allgemeinen. Er machte aus dem Universum eine abgeschlossene Sphäre, in deren Mitte er die Erde fixirte, und bewies aus allgemeinen Principien zu seiner eigenen Beruhigung und zu der der Welt während beinahe 2000 Jahren, dass gar kein anderes Universum möglich wäre. Seine Begriffe von Bewegung waren unphysikalisch, sie waren »natürlich oder unnatürlich«, »besser oder schlechter«, »ruhig oder heftig«, da keine wirklich mechanische Vorstellung derselben sich im Grunde seines Geistes befand. Er versicherte, dass es kein Vacuum geben könne und bewies, dass wenn es eins gäbe, die Bewegung darin unmöglich wäre. Er bestimmte *a priori*, wie viel Gattungen von Thieren existiren müssten und zeigte nach allgemeinen Principien, wesshalb die Thiere diese oder jene Theile haben müssten. Wenn ein bedeutender zeitgenössischer Philosoph, der von Irrthümern dieser Art weit entfernt ist, dieser Missbräuche der a prioristischen Methode gedenkt, so kann er das Misstrauen der Naturforscher gegen die Annahme sogenannter a priori Wahrheiten wohl in Anschlag bringen«.

Nach Aristoteles hat das Alterthum nur einen namhaften zoologischen Schriftsteller in Plinius dem Aeltern aufzuweisen, welcher im ersten Jahrhundert n. Chr. lebte und bekanntlich als Flottencapitain bei dem grossen Ausbruch des Vesuvs (79) seinen Tod fand. Die Naturgeschichte von Plinius, in

1) John Tyndall, Religion und Wissenschaft. Rede vor der britisch Association zu Belfast gehalten. Autorisirte Uebersetzung. Hamburg. 1874.

37 Büchern uns überkommen, behandelt die ganze Natur von den Gestirnen an bis zu den Thieren, Pflanzen und Mineralien, ist aber kein selbstständiges Werk von wissenschaftlichem Werth, sondern mehr eine aus vorhandenen Quellen zusammengetragene nicht immer zuverlässige Compilation. Plinius schöpfte aus Aristoteles in reichem Masse, verstand ihn aber oft falsch und nahm auch hier und da alte von Aristoteles zurückgewiesene Fabeln als Thatsachen wieder auf. Ohne ein eigenes System zu haben, unterschied er die Thiere nach dem Aufenthalte in *Landthiere* (Terrestria), *Wasserthiere* (Aquatilia) und *Flugthiere* (Volatilia), eine Eintheilung, die bis auf Gessner die herrschende blieb.

Mit dem Verfalle der Wissenschaften gerieth auch die Naturgeschichte auf lange Zeit in Vergessenheit. Der unter dem Autoritätsglauben gefesselte menschliche Geist fand im Mittelalter kein Bedürfniss zu selbständiger Naturbetrachtung. Aber in den Mauern christlicher Klöster fanden die Schriften des Aristoteles und Plinius ein Asyl, welches die im Heidenthum begründeten Keime der Wissenschaft vor dem Untergange schützte.

Während im Laufe des Mittelalters zuerst der spanische Bischof Isidor von Sevilla (im 7. Jahrh.) und später Albertus Magnus (im 13. Jahrh.) Bearbeitungen der Thiergeschichte (ersterer noch nach dem Vorbilde von Plinius) lieferten, traten im 16. Jahrhundert mit dem Wiederaufblühen der Wissenschaft die Werke des Aristoteles wieder in den Vordergrund, aber es regte sich auch das Streben nach selbstständiger Beobachtung und Forschung. Werke, wie die von C. Gessner, Aldrovandus, Wotton zeugten von dem neu erwachenden Leben unserer Wissenschaft, deren Inhalt nach der Entdeckung neuer Welttheile immer mehr bereichert wurde. Dann im nachfolgenden Jahrhundert, in welchem Harvey den Kreislauf des Blutes, Keppler den Umlauf der Planeten entdeckte und Newtons Gravitationsgesetz der Physik eine neue Bahn vorzeichnete, trat auch die Zoologie in eine ihrer fruchtbarsten Epochen ein. M. Aurelio Severino schrieb seine Zootomia democritaea (1645), in welcher er eine Reihe anatomischer Darstellungen verschiedener Thiere gab, mehr zum Nutzen und zur Förderung der menschlichen Anatomie und der Physiologie. Swammerdam in Leyden zergliederte mit bewunderungswürdigem Fleisse den Leib der Insekten und Weichthiere und beschrieb die Metamorphose der Frösche. Malpighi in Bologna und Leeuwenhoek in Delft benutzten die Erfindung des Mikroskopes zur Untersuchung der Gewebe und der kleinsten Organismen (Infusionsthierchen). Letzterer entdeckte die Blutkörperchen und sah zuerst die Querstreifen der Muskulatur. Auch wurden von einem Studenten Hamm die Samenkörperchen entdeckt und wegen ihrer Bewegung als »Samenthierchen« bezeichnet. Der Italiener Redi bekämpfte die elternlose Entstehung von Thieren aus faulenden Stoffen, wies die Entstehung der Maden aus Fliegeneiern nach und schloss sich dem berühmten Ausspruch Harvey's »Omne vivum ex ovo« an. Im 18. Jahrhundert gewann vornehmlich die Kenntniss von der Lebensgeschichte der Thiere eine ausserordentliche Bereicherung. Forscher wie Réaumur, Rösel von Rosenhof, De Geer, Bonnet, J. Chr. Schaeffer, Ledermüller etc. lernten die Verwandlungen und die Lebensgeschichte der Insekten und einheimischen Wasserthiere kennen, während zugleich durch Expeditionen in fremde Länder aussereuropäische Thierformen

in reicher Fülle bekannt geworden waren. In Folge dieser ausgedehnten Beobachtungen und eines immer mehr wachsenden Eifers, das Merkwürdige aus fremden Welttheilen zu sammeln, war das Material unserer Wissenschaft in so bedeutendem Masse angewachsen, dass bei dem Mangel einer präcisen Unterscheidung, Benennung und Anordnung die Gefahr der Verwirrung nahe lag, und der Ueberblick fast unmöglich wurde.

Unter solchen Umständen musste das Auftreten eines Systematikers wie Carl Linné (1707—1778) für die fernere Entwicklung der Zoologie von grosser Bedeutung werden. Zwar hatten schon vorher die systematischen Bestrebungen in Ray, der mit Recht als Vorgänger Linné's an erster Stelle genannt wird, eine gewisse Grundlage, indessen keine durchgreifende methodische Gestaltung gewonnen. John Ray führte zuerst den Artbegriff [1]) ein und berücksichtigte anatomische Charaktere als Grundlage der Classification. In seiner 1693 erschienenen Schrift, »Synopsis der Säugethiere und Reptilien«, schliesst er sich an Aristoteles Eintheilung in Blutführende und Blutlose an. Bezüglich der erstern legte er den Grund zu den Definitionen der 4 ersten Linnéischen Classen, die Blutlosen sondert er in grössere (Cephalopoden, Crustaceen und Testaceen) und in kleinere (Insecten).

Ohne sich gerade weitgreifender Forschungen und hervorragender Entdeckungen rühmen zu können, wurde Linné durch die scharfe Sichtung und strenge Gliederung des Vorhandenen, durch die Einführung einer neuen Methode sicherer Unterscheidung, Benennung und Anordnung, Begründer einer neuen Richtung und in gewissem Sinne Reformator der Wissenschaft.

Indem er für die Gruppen verschiedenen Umfanges in den Begriffen der Art, Gattung, Ordnung, Classe eine Reihe von Kategorieen aufstellte, gewann er die Mittel, um ein System von scharfer Gliederung mit präciser Abstufung seiner Fächer zu schaffen. Andererseits führte er mit dem Principe *der binären Nomenklatur* eine feste und sichere Bezeichnung ein. Jedes Thier erhielt zwei aus der lateinischen Sprache entlehnte Namen, den voranzustellenden Gattungsnamen und den Speciesnamen, welche die Zugehörigkeit der fraglichen Form zu einer bestimmten Gattung und Art bezeichneten. In dieser Weise begründete Linné nicht nur eine klare Sichtung und Ordnung des Bekannten, sondern schuf zur übersichtlichen Orientirung ein systematisches Fachwerk, in welchem sich spätere Entdeckungen leicht an sicherem Orte eintragen liessen.

Das Hauptwerk Linnés »*systema naturae*«, welches in dreizehn Auflagen mannichfache Veränderungen erfuhr, umfasst das Mineral-, Pflanzen- und Thierreich und ist seiner Behandlung nach am besten einem ausführlichen Cataloge zu vergleichen, in welchem der Inhalt der Natur wie der einer Bibliothek unter Angabe der bemerkenswerthesten Kennzeichen in bestimmter Ordnung eingeregistrirt wurde. Jede Thier- und Pflanzenart erhielt nach ihren Eigenschaften einen bestimmten Platz und wurde in dem Fache der Gattung mit dem Speciesnamen eingetragen. Auf den Namen folgte die in kurzer lateinischer Diagnose

1) »Welche Formen nämlich der Species nach verschieden sind, behalten diese ihre specifische Natur beständig, und es entsteht die eine nicht aus dem Samen einer andern oder umgekehrt«.

ausgedrückte Legitimation, dieser schlossen sich die Synonyma der Autoren und Angaben über Lebensweise, Aufenthaltsort, Vaterland und besondere Kennzeichen an.

Wie Linné auf dem Gebiete der Botanik das künstliche, auf die Merkmale der Blüthen begründete Pflanzensystem schuf, so war auch seine Classifikation der Thiere eine künstliche zu nennen, weil sie nicht auf der Unterscheidung natürlicher Gruppen beruhte, sondern meist vereinzelte Merkmale des innern und äussern Baues als Charaktere benutzte. Bereits vor Linné hatte der Engländer Ray mit grossem Scharfblick die Mängel der Aristotelischen Unterscheidungen aufgedeckt, ohne dieselben jedoch zu beseitigen und durch neue, richtigere Begriffe zu ersetzen. Linné brachte diese schon von Ray angedeuteten Verbesserungen in seiner Eintheilung zur Durchführung, indem er nach der Bildung des Herzens, der Beschaffenheit des Blutes, nach der Art der Fortpflanzung und Respiration sechs Thierclassen aufstellte.

1) *Säugethiere, Mammalia.* Mit rothem warmen Blute, mit einem aus zwei Vorkammern und zwei Herzkammern zusammengesetzten Herzen, lebendig gebärend. Als Ordnungen unterschied er: 1) *Primates* (mit den vier Gattungen *Homo, Simia, Lemur, Vespertilio*), 2) *Bruta*, 3) *Ferae*, 4) *Glires*, 5) *Pecora*, 6) *Belluae*, 7) *Cete.*

2) *Vögel, Aves.* Mit rothem warmen Blute, mit einem aus zwei Vorkammern und zwei Herzkammern zusammengesetzten Herzen, Eier-legend. *Accipitres, Picae, Anseres, Grallae, Gallinae, Passeres.*

3) *Amphibien, Amphibia.* Mit rothem kalten Blute, mit einem aus einfacher Vor- und Herzkammer gebildeten Herzen, durch Lungen athmend. *Reptilia* (*Testudo, Draco, Lacerta, Rana*), *Serpentes.*

4) *Fische, Pisces.* Mit rothem kalten Blute, mit einem aus einfacher Vor- und Herzkammer gebildeten Herzen, durch Kiemen athmend. *Apodes, Jugulares, Thoracici, Abdominales, Branchiostegi, Chondropterygii.*

5) *Insecten, Insecta.* Mit weissem Blute und einfachem Herzen, mit gegliederten Fühlern. *Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera, Hymenoptera, Diptera, Aptera.*

6) *Würmer, Vermes.* Mit weissem Blute und einfachem Herzen, mit ungegliederten Fühlfäden. *Mollusca, Intestina, Testacea, Zoophyta, Infusoria.*

Linné's Einfluss betrifft vorzugsweise die descriptive Zoologie, für welche erst jetzt eine Uebersicht des Formengebietes und eine strenge Methode der Behandlung gewonnen war. Die systematische Anordnung entsprach freilich keineswegs überall der natürlichen Verwandtschaft, da einseitige, meist der äussern Form entlehnte Merkmale besonders zur Unterscheidung der Unterabtheilungen verwendet wurden. Es bedurfte einer genauern und besseren Kenntniss von dem innern Baue, um durch Vereinigung einer grösseren Reihe äusserlicher und anatomischer Charaktere einem auf natürliche Verwandtschaft gegründeten Systeme den Weg zu bahnen.

Während die Nachfolger Linné's die trockene und einseitig zoographische Behandlung weiter ausbildeten und das gegliederte Fachwerk des Systems

irrthümlich als das Naturgebäude ansahen, begründete Cuvier durch Verschmelzung der vergleichenden Anatomie mit der Zoologie ein natürliches System.

Georg Cuvier, geboren zu Mömpelgard 1769 und erzogen auf der Karlsakademie zu Stuttgart, später Professor der vergleichenden Anatomie am Pflanzengarten zu Paris, veröffentlichte seine umfassenden Forschungen in zahlreichen Schriften, insbesondere in den »*Leçons d'anatomie comparée*« (1805). In diesem Werke unterschied er noch neun Thierclassen: Mammalia, Aves, Reptilia, Pisces als Vertebrata; Mollusca, Crustacea, Insecta, Vermes, Zoophyta als Evertebrata (Lamarck).

Erst 1812 stellte er in seiner berühmt gewordenen Abhandlung [1]) über die Eintheilung der Thiere nach ihrer Organisation eine neue wesentlich veränderte Classifikation auf, welche seit Aristoteles den bedeutendsten Fortschritt der Wissenschaft bezeichnete, indem sie den Anstoss zu einem natürlichern System gab. Cuvier betrachtete nicht, wie dies bisher von den meisten Zootomen geschehen war, die anatomischen Funde und Thatsachen an sich als Endzweck der Untersuchungen, sondern stellte vergleichende Betrachtungen an, die ihn zu allgemeinen Sätzen hinführten. Indem er die Eigenthümlichkeiten in den Einrichtungen der Organe auf das Leben und die Einheit des Organismus bezog, erkannte er die gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Organe und ihrer Besonderheiten und entwickelte in richtiger Würdigung der schon von Aristoteles erörterten »Correlation« der Theile sein Princip der nothwendigen Existenzbedingungen, ohne welche das Thier nicht leben kann (*principe des conditions d'existence ou causes finales*). »Der Organismus bildet ein einiges und geschlossenes Ganze, in welchem einzelne Theile nicht abändern können, ohne an allen übrigen Theilen Aenderungen erscheinen zu lassen«. Indem er aber die Organisation der zahlreichen verschiedenen Thiere verglich, fand er, dass die bedeutungsvollen Organe die constanteren sind, die weniger wichtigen in ihrer Form und Ausbildung am meisten abändern, auch nicht überall auftreten. So wurde er zu dem für die Systematik verwertheten Satz von der Unterordnung der Merkmale (*principe de la subordination des charactères*) geleitet. Ohne von der vorgefassten Idee der Einheit aller thierischen Organisation beherrscht zu sein, gelangte er vornehmlich unter Berücksichtigung der Verschiedenheiten des Nervensystems und der nicht überall constanten gegenseitigen Lagerung der wichtigeren Organsysteme zu der Ueberzeugung, dass es im Thierreich vier Hauptzweige (*Embranchements*) gebe, gewissermassen »allgemeine Baupläne, nach denen die zugehörigen Thiere modellirt zu sein scheinen und deren einzelne Unterabtheilungen, wie sie auch bezeichnet werden mögen, nur leichte auf die Entwicklung oder das Hinzutreten einiger Theile gegründete Modifikationen sind, in denen aber an der Wesenheit des Planes nichts geändert ist«.

Diese vier Kreise (*Embranchements* Cuvier, *Typen* Blainville) mit ihren Classen und Ordnungen sind folgende:

---

1) Sur un nouveau rapprochement à établir entre les classes qui composent le regne animal. Ann. des Muséum d'hist. nat. Tom. XIX. 1812.

I. Kreis. **Animaux vertébrés,** Wirbelthiere.

(Blutthiere des Aristoteles). Gehirn und Rückenmark sind eingeschlossen in eine knöcherne Skeletsäule, Wirbelsäule, welche sich aus Schädel und Wirbeln zusammensetzt. Zur Seite der medianen Wirbelsäule heften sich die Rippen und höchstens vier Gliedmassen an. Alle besitzen rothes Blut, ein muskulöses Herz, einen Mund mit horizontalem Ober- und Unterkiefer und die vollständige Zahl von Sinnesorganen.

Cl. 1. **Mammifères.**	Bimanes, Quadrumanes, Carnivores, Marsupiaux, Rongeurs, Édentés, Pachydermes, Ruminants, Cetacés.	
Cl. 2. **Oiseaux.**	Rapaces, Passeraux, Grimpeurs, Gallinacés, Échassiers, Palmipèdes.	
Cl. 3. **Reptiles.**	Chéloniens, Sauriens, Ophidiens, Batraciens.	
Cl. 4. **Poissons.**	Poissons proprement dits.	Acanthoptérygiens, Abdominaux, Subbranchiens, Apodes, Lophobranches, Plectognathes.
	Chondroptérygiens.	Sturioniens, Sélaciens, Cyclostomes.

II. Kreis. **Animaux mollusques,** Weichthiere.

Thiere ohne lokomotives Skelet, von weicher contraktiler Körperbedeckung, in welcher sich häufig feste Schalen als Gehäuse einlagern. Das Nervensystem setzt sich aus mehreren durch Fäden verbundenen Ganglienmassen zusammen, deren wichtigste (Gehirn) über dem Oesophagus liegen. Man unterscheidet Gesichts- und Gehörorgane. Ein Circulationssystem und besondere Respirationsorgane sind vorhanden.

Cl. 1. **Céphalopodes.** Cl. 2. **Ptéropodes.** Cl. 3. **Gastéropodes.**	Pulmonés, Nudibranches, Inférobranches, Tectibranches, Hétéropodes, Pectinibranches, Tubulibranches, Scutibranches, Cyclobranches.
Cl. 4. **Acéphales.**	Testacés, Tuniciens.
Cl. 5. **Brachiopodes.**	
Cl. 6. **Cirrhopodes.**	

III. Kreis. **Animaux articulés,** Gliederthiere.

Das Nervensystem besteht aus zwei langen in Ganglien anschwellenden Fäden, Ganglienknoten. Der erste Ganglienknoten liegt als Gehirn über dem Oesophagus, die übrigen an der Bauchfläche. Die Körperbedeckung ist bald weich, bald hart und zerfällt durch Querfalten in eine Anzahl Ringe, von welchen die Muskeln umschlossen werden. Häufig trägt der Rumpf an seinen Seiten Gliedmassenpaare. Sind Kiefer in der Umgebung des Mundes vorhanden, so stehen sie seitlich.

Cl. 1. **Annélides.**	Tubicoles, Dorsibranches, Abranches.	
Cl. 2. **Crustacés.**	Malacostracés	Décapodes, Stomapodes, Amphipodes, Laemodipodes, Isopodes.
	Entomostracés.	Branchipodes, Poecilopodes, Trilobites.
Cl. 3. **Arachnides.**	Pulmonées, Trachéennes.	
Cl. 4. **Insectes.**	Myriapodes, Thysanoures, Parasites, Suceurs, Coléoptères, Orthoptères, Hémiptères, Néuroptères, Hyménoptères, Lépidoptères, Rhipiptères, Diptères.	

IV. Kreis. **Animaux rayonnés**, Radiärthiere.

Die Organe liegen nicht symmetrisch bilateral. sondern wiederholen sich in radiärer Vertheilung im Umkreis der Centralachse. Weder Nervensystem noch Sinnesorgane sieht man deutlich geschieden. Einige zeigen Spuren einer Blutcirculation. Ihre Respirationsorgane liegen immer an der Oberfläche des Leibes.

Cl. 1. **Echinodermes.**	Pédicellés, Apodes.
Cl. 2. **Vers intestinaux.**	Nematoïdes, Parenchymateux.
Cl. 3. **Acalephes.**	Simples, Hydrostatiques.
Cl. 4. **Polypes.**	Charnus, Gélatineux, à Polypiers.
Cl. 5. **Infusoires.**	Rotifères, Homogènes.

Den Anschauungen Cuvier's, der wie keiner seiner Zeitgenossen das anatomische und zoologische Detail übersah, standen allerdings lange Zeit die Lehren bedeutender Männer (der sog. naturphilosophischen Schule) gegenüber. In Frankreich vor allem vertrat Etienne Geoffroy St. Hilaire die bereits von Buffon ausgesprochene Idee vom Urplane des thierischen Baues, nach welcher eine unterbrochene, durch continuirliche Uebergänge vermittelte Stufenfolge der Thiere existiren sollte. Ueberzeugt, dass die Natur stets mit denselben Materialien arbeite, stellte er die Theorie der Analogien auf, nach welcher sich dieselben Theile, wenn auch nach ihrer Form und nach dem Grade ihrer Ausbildung verschieden, bei allen Thieren finden sollten und glaubte weiter in seiner Theorie der Verbindungen (principe des connexions) ausführen zu können, dass die gleichen Theile auch überall in gleicher gegenseitiger Lage auftreten. Als dritten Hauptsatz verwerthete er das Princip vom Gleichgewicht der Organe, indem jede Vergrösserung des einen Organs mit einer Verminderung eines andern verbunden sein sollte. Dieser Grundsatz führte in der That zu einer fruchtbaren Betrachtungsweise und zur wissenschaftlichen Begründung der Teratologie. Die Verallgemeinerungen waren aber zu übereilt, indem sie über die Wirbelthiere hinaus nicht mit den Thatsachen stimmten und beispielsweise zu der Ansicht, die Insecten seien auf den Rücken gedrehte Wirbelthiere, sowie zu vielen anderen gewagten Auffassungen führen mussten. In Deutschland

traten Männer wie Göthe und die Naturphilosophen Oken und Schelling für die Einheit der thierischen Organisation in die Schranken, ohne freilich stets den Thatsachen in strenger und umfassender Weise Rechnung zu tragen.

Schliesslich ging aus diesem Kampfe, der in Frankreich sogar mit Heftigkeit und Erbitterung geführt worden war, die Auffassung Cuvier's siegreich hervor, und die Principien seines Systems fanden zuletzt um so ungetheilteren Beifall, als sie durch die Resultate der entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten C. E. v. Baer's bestätigt wurden. Allerdings wurden durch die späteren Forschungen mancherlei Mängel und Irrthümer seiner Eintheilung aufgedeckt und im Einzelnen vieles verändert, allein die Grundanschauung von der Existenz von Typen als allgemeinsten und höchsten Gruppen des Systems erhielt sich und wurde gar bald durch die Resultate der sich ausbildenden Wissenschaft von der Entwicklungsgeschichte der Thiere unterstützt.

Die wesentlichsten der nothwendig gewordenen Modifikationen des Cuvier'schen Systemes beziehen sich unstreitig auf die Vermehrung der Typenzahl. Während man schon seit längerer Zeit die *Infusorien* von den *Radiaten* trennte, und als *Protozoen* den übrigen vier Bauplänen zur Seite stellte, hat man neuerdings durch Trennung der *Radiaten* in *Coelenteraten* und *Echinodermen,* sowie der *Articulaten* in *Arthropoden* und *Vermes* die Zahl der Thierkreise auf 7 erhöht, von denen jedoch der Kreis der Mollusken wieder in drei Kreise aufgelöst werden muss.

In neuester Zeit hat aber die Cuvier'sche Auffassung auch darin eine Modifikation erfahren, dass die Vorstellung von der scharf gesonderten Isolirung, dem ohne Uebergänge begrenzten Abschlusse eines jeden Bauplanes aufgegeben werden musste. Es haben sich bei eingehenderem Studium durch Verbindungsglieder Verknüpfungen verschiedener Typen nach mehrfachen Richtungen hin nachweisen lassen, welche den scharfen Gegensatz der Thierkreise besonders für die ersten Anfänge und tiefsten Stufen ihrer Gestaltung aufgehoben haben. Aber eben so wenig wie die Uebergangsformen zwischen Thier und Pflanze die Unterscheidung der beiden allgemeinsten Begriffe im Reiche des Organischen aufzuheben im Stande ist, wird durch solche Verbindungsglieder der Begriff von Thierkreisen oder Typen als höchste Abtheilungen des Systems widerlegt, sondern nur ein ähnlicher oder gemeinsamer Ausgangspunkt für die Ausbildung verschiedener Formreihen wahrscheinlich gemacht.

Und dem entspricht die mit dem Fortschritt der Entwicklungslehre bekannt gewordene Thatsache, dass innerhalb verschiedener Typen nahe übereinstimmende Larvenzustände und ähnliche Gewebsschichten (Keimblätter) der Embryonalanlage auftreten, die auf einen genetischen Zusammenhang hinweisen.

Ebenso ist durch die Ergebnisse anatomischer und embryologischer Vergleichung mit hohem Grade von Wahrscheinlichkeit festgestellt worden, dass die Typen keineswegs vollkommen coordinirt gegenüber stehen, sondern in näherer oder entfernterer Beziehung zu einander stehen, dass insbesondere die höhern Thierkreise genetisch von den Würmern aus abzuleiten sind, die freilich selbst wieder höchst ungleichartige Thiergruppen in sich einschliessen und später gewiss in mehrere Typen aufzulösen sein werden.

Wir halten es unter solchen Verhältnissen dem augenblicklichen Stande der Wissenschaft für angemessen, anstatt der üblichen sieben, neun Typen als höchste Abtheilungen zu unterscheiden und in folgender Weise zu characterisiren.

1. **Protozoa.**

Von geringer Grösse, mit Differenzirungen innerhalb der Sarcode, ohne zellig gesonderte Organe, mit vorwiegend ungeschlechtlicher Fortpflanzung.

2. **Coelenterata.**

Radiärthiere nach der Grundzahl 2, 4 oder 6 gegliedert, mit bindegewebigem oft gallertigem Mesoderm und centralem für Verdauung und Circulation gemeinsamen Leibesraum (Gastrovasculararraum).

3. **Echinodermata.**

Radiärthiere von vorherrschend fünfstrahligem Baue, mit verkalktem oft stacheltragenden Hautskelet, mit gesondertem Darm und Gefässsystem, mit Nervensystem und Ambulacralfüsschen.

4. **Vermes.**

Bilateralthiere mit ungegliedertem, geringeltem oder gleichartig (homonom) segmentirtem Körper, ohne gegliederte Segmentanhänge (Gliedmassen), mit paarigem als Wassergefässsystem benannten Excretionscanälen. Der Embryo entwickelt sich in der Regel ohne voraus angelegten Primitivstreifen.

5. **Arthropoda.**

Bilateralthiere mit heteronom segmentirtem Körper und gegliederten Segmentanhängen (Gliedmassen), mit Gehirn und Bauchganglienkette. Am Körper des Embryos beziehungsweise der Larve bildet sich ein bauchständiger Primitivstreifen aus.

6. **Molluscoidea.**

Bilateralthiere ohne Gliederung, mit bewimpertem Tentakelkranz oder spiralig aufgerollten Mundsegeln, entweder Polypen-ähnlich und mit fester zelliger Schalenkapsel oder muschelähnlich mit vorderer und hinterer Schalenklappe, mit einem oder mehreren durch einen Schlundring verbundenen Ganglien.

7. **Mollusca.**

Bilateralthiere mit weichem ungegliederten Körper, ohne lokomotives Skelet, meist von einer einfachen oder zweiklappigen Kalkschale, dem Absonderungsprodukt einer Hautduplicatur (Mantel), bedeckt, mit Gehirn, Fussganglion und Mantelganglion.

8. **Tunicata.**

Bilateralthiere ohne Gliederung, von sackförmiger oder tonnenförmiger Leibesgestalt, mit weiter, von zwei Oeffnungen durchbrochener Mantelhöhle und einfachem Nervenknoten, mit Herz und Kiemen.

9. **Vertebrata.**

Gegliederte Bilateralthiere mit einem innern knorpligen oder knöchernen und gegliederten Skelet (Wirbelsäule), welches durch dorsale Ausläufer

(obere Wirbelbogen) eine Höhle zur Aufnahme des Rückenmarks und Gehirnes, durch ventrale Ausläufer (Rippen) eine Höhle zur Aufnahme vegetativer Organe umschliesst, mit höchstens zwei Extremitätenpaaren. Am Embryo (beziehungsweise am Larvenleib) tritt ein rückenständiger Primitivstreifen auf.

Uebersicht der wichtigsten Gruppen.

I. Protozoa.

1. **Rhizopoda.**
   1. *Rhizopoda* s. str. = *Foraminifera* (Rotalia).
   2. *Radiolaria* (Acanthometra).
2. **Infusoria.**
   1. *Flagellata* (Dinobryon).
   2. *Holotricha* (Paramaecium).
   3. *Heterotricha* (Stentor).
   4. *Hypotricha* (Stylonychia).
   5. *Peritricha* (Vorticella).
   6. *Suctoria* (Acineta).

II. Coelenterata.

1. **Spongiae = Poriferi.**
   1. *Myxospongiae* (Halisarca).
   2. *Fibrospongiae* (Spongia).
   3. *Hyalospongiae* (Euplectella).
   4. *Calcispongiae* (Sycon).
2. **Cnidariae.**
   1. *Polypomedusae.*
      1. *Hydroidae* (Tubularia).
      2. *Siphonophorae* (Physophora).
   2. *Acalephae.*
      1. *Calycozoa* (Lucernaria).
      2. *Lobophorae* (Charybdaea).
      3. *Discomedusae* (Aurelia).
   3. *Anthozoa.*
      1. *Octactiniae* (Alcyonium).
      2. *Polyactiniae* (Madrepora).
   4. *Ctenophora* (Beroe).

III. Echinodermata.

1. **Crinoidea.**
   1. *Brachiata* (Comatula).
   2. *Blastoidea* (Eleutherocrinus).
   3. *Cystidea* (Sphaeronites).
2. **Asteroidea.**
   1. *Asteridea* (Asteracanthion).
   2. *Ophiuridea* (Ophioderma).
   3. *Euryalidea* (Astrophyton).

3. Echinoidea.
- 1. *Regularia* (Cidaris).
- 2. *Clypeastridea* (Clypeaster).
- 3. *Spatangidea* (Spatangus).

4. Holothyroidea.
- 1. *Pedata* (Holothuria).
- 2. *Apoda* (Synapta).

IV. Vermes.

1. Plathelminthes.
- 1. *Cestodes* (Taenia).
- 2. *Trematodes* (Distomum).
- 3. *Turbellaria* (Planaria).
- 4. *Nemertini* (Nemertes).

2. Nemathelminthes.
- 1. *Acanthocephali* (Echinorhynchus).
- 2. *Nematodes* (Ascaris).
  (*Chaetognathi, Sagitta*).

3. Rotiferi (Rotifer).

4. Annelides.
- 1. *Hirudinea.*
  - 1. *Rhynchobdellea* (Piscicola).
  - 2. *Gnathobdellea* (Hirudo).
- 2. *Chaetopoda.*
  - 1. *Oligogaeta* (Lumbricus).
  - 2. *Polychaeta* (Nereis).
- 3. *Gephyrei.*
  - 1. *Inermes* (Sipunculus).
  - 2. *Chaetiferi* (Echiurus).

(*Enteropneusta, Balanoglossus*).

V. Arthropoda.

1. Crustacea.
- 1. *Entomostraca.*
  - 1. *Copepoda* (Cyclops).
  - 2. *Phyllopoda* (Apus).
  - 3. *Ostracoda* (Cypris).
  - 4. *Cirripedia* (Lepas).
- 2. *Malacostraca.*
  - 1. *Arthrostraca* (Gammarus).
  - 2. *Thoracostraca* (Astacus).

(*Trilobita* (Asaphus). *Poecilopoda* (Limulus). *Merostomata* (Pterygotus).

2. Arachnoidea.
- 1. *Linguatulida* (Pentastomum).
- 2. *Acarina* (Sarcoptes).
  (*Tardigrada, Macrobiotus* und *Pygnogonum*).

3. *Araneida* (Epeira).
4. *Pedipalpi* (Phrynus).
5. *Solifugae* (Galeodes).
6. *Arthrogastres.*
    1. *Phalangida* (Phalangium).
    2. *Scorpionidea* (Scorpio).
    3 *Pseudoscorpionidea* (Chelifer).

3. **Myriapoda.**
    1. *Chilipoda* (Lithobius).
    2. *Chilognatha* (Julus).
    (*Onychophori, Peripatus*).

4. **Hexapoda = Insecta.**
    1. *Thysanura* (Lepisma).
    2. *Orthoptera* (Gryllus).
    3. *Pseudoneuroptera* (Termes).
    4. *Neuroptera* (Hemerobius).
    5. *Rhynchota* (Aphis).
    6. *Diptera* (Musca).
    7. *Lepidoptera* (Papilio).
    8. *Coleoptera* (Carabus).
    9. *Hymenoptera* (Apis).

VI. Molluscoidea.

1. **Bryozoa.**
    1. *Stelmatopoda* (Crisia).
    2. *Lophopoda* (Alcyonella).

2. **Brachiopoda.**
    1. *Ecardines* (Lingula).
    2. *Testicardines* (Terebratula).

VII. Mollusca.

1. **Lamellibranchiata.**
    1. *Asiphoniae* (Ostrea).
    2. *Siphoniata* (Cardium).

2. **Scaphopoda** (*Dentalium*).

3. **Gastropoda.**
    1. *Pteropoda* (Clio).
    2. *Platypoda.*
        1. *Opisthobranchia* (Aeolidia).
        2. *Prosobranchia* (Murex).
        3. *Heteropoda* (Pterotrachea).
        4. *Placophora* (Chiton).

4. **Cephalopoda.**
    1. *Tetrabranchiata* (Nautilus).
    2. *Dibranchiata* (Sepia).

VIII. Tunicata.

1. **Tethyodea.**
   1. *Copelatae* (Appendicularia).
   2. *Compositae* (Botryllus).
   3. *Simplices* (Clavellina).
2. **Thaliacea** (*Salpa*).

IX. Vertebrata.

1. **Pisces.**
   1. *Leptocardii* = *Acrania* (Amphioxus).
   2. *Cyclostomi.*
      1. *Myxinoidea* (Myxine).
      2. *Petromyzontes* (Petromyzon).
   3. *Plagiostomi* (Squalus).
   4. *Ganoidei* (Lepidosteus).
   5. *Teleostei* (Esox).
   6. *Dipnoi* (Lepidosiren).
2. **Amphibia.**
   1. *Urodela* (Triton).
   2. *Anura* (Rana).
   3. *Gymnophiona* (Coecilia).
3. **Reptilia.**
   1. *Plagiotremata.*
      1. *Saurii* (Lacerta).
         (*Dinosaurii, Iguanodon*).
      2. *Ophidii* (Coluber).
   2. *Hydrosauria.*
      1. *Enaliosauria* (Ichthyosaurus).
      2. *Loricata* (Crocodilus).
   3. *Chelonii* (Testudo).
4. **Aves.**
   1. *Ratitae.*
      1. *Struthionides* (Struthio).
      2. *Apterygii* (Apteryx).
      3. *Dinornithides* (Dinornis).
      4. *Palapterygii* (Palapteryx).
   2. *Carinatae.*
      1. *Gallinacei* (Gallus).
      2. *Columbides* (Columbae).
      3. *Grallatores* (Grus).
      4. *Natatores* (Sterna).
      5. *Passeres* (Fringilla).
      6. *Scansores* (Picus).
      7. *Psittacides* (Psittacus).
      8. *Rapaces* (Falco).

5. **Mammalia.**
   1. *Aplacentalia.*
      1. *Monotremata* (Ornithorhynchus).
      2. *Marsupialia Macropoda* (Halmaturus).
      3. » *Rhizophaga* (Phascolomys).
      4. » *Carpophaga* (Phascolarctes).
      5. » *Entomophaga* (Perameles).
      6. » *Creophaga* (Dasyurus).
      7. » *Pedimana* (Didelphys).
   2. *Placentalia.*
      1. *Edentata* (Myrmecophaga).
      2. *Artiodactyla* (Sus).
      3. *Perissodactyla* (Equus).
      4. *Sirenia* (Manatus).
      5. *Proboscidea* (Elephas).
      6. *Lamnungia* (Hyrax).
      7. *Rodentia* (Lepus).
      8. *Carnivora* (Felis).
      9. *Pinnipedia* (Phoca).
      10. *Cetacea* (Balaena).
      11. *Insectivora* (Talpa).
      12. *Chiroptera* (Vespertilio).
      13. *Prosimiae* (Lemur).
      14. *Primates* (Pithecus).

Bedeutung des Systemes.

Ueber den Werth des Systemes ist man nicht überall und zu allen Zeiten gleicher Ansicht gewesen. Während im vorigen Jahrhundert der französische Zoolog Buffon, welcher in eleganter Sprache und geistreicher Darstellung die Naturgeschichte der Säugethiere und Vögel bearbeitete, ein abgesagter Feind aller Theorie, das System für eine reine Erfindung des menschlichen Geistes hielt, glaubt in neuerer Zeit L. Agassiz allen Abtheilungen des Systemes eine reale Bedeutung zuschreiben zu können. Er erklärt das natürliche, auf die Verwandtschaft der Organisation begründete System für eine Uebersetzung der Gedanken des Schöpfers in die menschliche Sprache, durch dessen Erforschung wir unbewusst Ausleger seiner Ideen würden.

Offenbar aber können wir nicht diejenige Anordnung eine menschliche Erfindung nennen, welche als Ausdruck für die Verwandtschaftsstufen der Organismen aus den in der Natur begründeten Beziehungen der Organisation

abgeleitet ist. Und ebenso verkehrt ist es, den subjektiven Antheil unserer Geistesthätigkeit hinwegleugnen zu wollen, da sich in dem System stets ein Verhältniss von Thatsachen des Naturlebens zu unserer Auffassung und zum Stande der wissenschaftlichen Erkenntniss ausspricht. In diesem Sinne nennt Göthe treffend natürliches System einen sich widersprechenden Ausdruck.

Das Reale, welches die Natur dem Forscher zur Aufstellung von Systemen zu Gebote stellt, sind die Einzelformen als Objekte der Beobachtung. Alle systematischen Begriffe von der *Art* an bis zum *Thierkreis* beruhen auf Zusammenfassung von Gleichem und Aehnlichem und sind Abstractionen des menschlichen Geistes.

Definition der Art.

Die grosse Mehrzahl der Forscher stimmte allerdings bis in die neueste Zeit darin überein, auch die *Art* oder *Species* als selbstständig geschaffene und unveränderliche Einheit mit gleichen in der Fortpflanzung sich erhaltenden Eigenschaften anzusehen. Man war bis in die neueste Zeit von dem Grundgedanken der Linné'schen Speciesdefinition »Tot numeramus species quot ab initio creavit infinitum ens« im Wesentlichen befriedigt. Auch stand diese Anschauung mit einem auf dem Gebiete der Geologie herrschenden Dogma im Causalnexus, nach welchem die aufeinander folgenden Perioden der Erdbildung durchaus abgeschlossene, jedesmal von Neuem geschaffene Faunen und Floren bergen und durch gewaltige, die gesammte organische Schöpfung vernichtende Katastrophen begrenzt sein sollten. Keine Lebensform, glaubte man, könnte sich über die Zeit einer vernichtenden Erdkatastrophe hinaus von der frühern in die nachfolgende Periode hinein erhalten haben, jede Thier- und Pflanzenart sei mit bestimmten Merkmalen durch einen besonderen Schöpfungsakt ins Leben getreten und erhalte sich mit diesen Eigenschaften unveränderlich bis zu ihrem Untergange. Diese Vorstellung war durch die Verschiedenheit der fossilen Ueberreste der Wirbelthiere sowohl (Cuvier) als Mollusken (Lamarck) von den jetzt lebenden Thieren bekräftigt worden.

Da sich nun die von einander abstammenden Thiere und Pflanzen durch zahlreiche grössere und kleinere Abweichungen unterscheiden, so wird der Artbegriff neben der Zugehörigkeit in den gleichen Generationskreis nicht durch die absolute Identität, sondern nur durch die Uebereinstimmung in den wesentlichsten Eigenschaften definirt werden können. Die Art oder Species ist demnach im engen Anschluss an die Cuvier'sche Definition der Inbegriff aller Lebensformen, welche die wesentlichsten Eigenschaften gemeinsam haben, von einander abstammen und sich zur Erzeugung fruchtbarer Nachkommen kreuzen lassen.

Indessen lassen sich dieser Begriffsbestimmung, welcher die Voraussetzung zu Grunde liegt, dass sich das Wesentliche der Eigenschaften durch alle Zeiten in der Fortpflanzung unveränderlich enthalten müsse, keineswegs alle Thatsachen des Naturlebens befriedigend unterordnen, und es weisen schon die

grossen Schwierigkeiten, welche der Artbestimmung in der Praxis entgegentreten und zwischen Art und Varietät keine scharfe Grenze ziehen lassen, auf das Unzureichende des Begriffes hin.

Varietät und Rasse.

Die zu ein und derselben Art gehörigen Individuen sind untereinander nicht in allen Theilen und Eigenschaften gleich, sondern zeigen ganz allgemein, wenn man es so ausdrücken darf, nach dem Gesetze der *individuellen Variation*, mannichfache Abänderungen, die bei genauer Betrachtung zur Unterscheidung der Einzelformen hinreichen. Es treten auch im Kreise derselben Art Combinationen veränderter Merkmale auf und veranlassen bedeutendere Abweichungen, *Varietäten*, welche sich auf die Nachkommen vererben können. Man nennt die grösseren, mit der Fortpflanzung sich erhaltenden Variationen *constante Varietäten* oder *Abarten*, *Rassen*, und unterscheidet *natürliche* oder geographisch begründete *Rassen* und *Culturrassen*.

Die ersteren finden sich im freien Naturleben, meist auf bestimmte Localitäten beschränkt, sie sind, wie man annimmt, in Folge klimatischer Bedingungen unter dem Einfluss einer abweichenden Lebensweise und Ernährung im Laufe der Zeiten entstanden. Die Culturrassen verdanken dagegen ihren Ursprung der Zucht und Cultur des Menschen und betreffen ausschliesslich die Hausthiere.

Leider ist freilich der Ursprung der meisten Natur- und Cultur-Rassen in ein tiefes Dunkel gehüllt, welches die Wissenschaft schwerlich jemals vollkommen zu lichten im Stande sein wird. Was aber schwer in die Wagschale fällt, ist der Umstand, dass es für einige als Abarten geltende Varietäten sehr zweifelhaft erscheint, ob sie als Abänderungen aus einer einzigen Art hervorgegangen sind, oder von mehreren Arten abstammen. Für die zahlreichen Varietäten des Schweines und Rindes, ferner für die Rassen des Hundes und der Katze ist die Herkunft von verschiedenen Arten ziemlich sicher erwiesen (Rütimeyer, Darwin).

Es können aber Varietäten, die mit mehr oder minder grosser Sicherheit auf die gleiche Abstammung von derselben Art zurückgeführt werden, unter einander sehr auffallend verschieden sein und in wichtigeren Merkmalen abweichen, als verschiedene Arten im freien Naturleben. Beispielsweise erscheinen die Culturrassen der Taube, deren gemeinsame Abstammung von der Felsentaube (Columba livia) von Darwin sehr wahrscheinlich gemacht worden ist, einer so bedeutenden Abänderung fähig, dass ihre als Purzeltauben, Pfautauben, Kröpfer, Eulentauben etc. bekannten Varietäten von dem Ornithologen ohne Kenntniss ihres Ursprungs für echte Arten gehalten und sogar unter verschiedene Gattungen vertheilt werden müssten.

Auch im freien Naturleben sind sehr häufig Varietäten der Qualität ihrer Merkmale nach von Arten nicht zu unterscheiden. Das *Wesentliche* der Charactere pflegt man in der Constanz ihres Vorkommens zu finden und die Varietät daran zu erkennen, dass die sie auszeichnenden Merkmale variabeler sind als bei der Species. Gelingt es weit auseinander stehende Formen durch

eine Reihe continuirlich sich abstufender Zwischenformen zu verbinden, so hält man sie für extreme Varietäten derselben Art, während dieselben bei mangelnden Zwischengliedern, auch wenn die sie trennenden Unterschiede geringer, nur gehörig constant sind, als Arten gelten. Man begreift unter solchen Umständen, wie anstatt eines objectiven Kriteriums der augenblickliche Stand der Erfahrung, das subjective Ermessen und der natürliche Takt der Beobachter über Art[1]) und Varietät entscheidet und dass die Meinungen der verschiedenen Forscher in der Praxis weit auseinandergehen. Dies Verhältniss haben Darwin und Hooker in eingehender Weise vortrefflich erörtert. Als Beispiel ist von Nägeli[2]) angeführt worden, dass von den in Deutschland wachsenden *Hieracien* über 300 Arten zu unterscheiden sind, Fries führt sie als 106, Koch als 52 Arten auf, während Andere kaum mehr als 20 anerkennen. Nägeli behauptet sogar: »Es gibt kein Genus von mehr als 4 Species, über dessen Arten alle Botaniker einig wären, und es liessen sich viele Beispiele aufführen, wo seit Linné die nämlichen Arten wiederholt getrennt und zusammengezogen wurden«.

Wir werden daher zur Bestimmung des Wesentlichen an den Eigenschaften, wenn es gilt *Arten* von *Varietäten* zu sondern, auf den wichtigsten Character des Artbegriffes zurückgewiesen, der freilich in der Praxis fast niemals berücksichtigt wird, auf die *gemeinsame Abstammung* und die *Fähigkeit der fruchtbaren Kreuzung.* Doch stellen sich auch von dieser Seite der Begrenzung des Artbegriffes unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass auch Thiere verschiedener Arten sich mit einander paaren und Nachkommen, *Bastarde*, erzeugen, z. B. Pferd und Esel, Wolf und Hund, Fuchs und Hund. Selbst entfernter stehende Arten, welche man zu verschiedenen Gattungen stellt, vermischen sich gelegentlich zur Erzeugung einer Nachkommenschaft, wie solche Fälle von Ziegenbock und Schaf, Ziege und Steinbock zur Beobachtung gekommen sind. Allein die Bastarde erweisen sich in der Regel unfruchtbar, sie bilden Zwischenstufen mit gestörtem Generationssystem ohne Aussicht auf Fortbestand, und auch im Falle der Zeugungsfähigkeit, die man häufiger an weiblichen Bastarden beobachtet hat, schlagen sie in die väterliche oder mütterliche Art zurück.

Indessen gibt es für die Sterilität der Bastarde Ausnahmsfälle, welche als wichtige Beweise gegen die Abgeschlossenheit der Art zu sprechen scheinen. Man kennt ein Beispiel von vier Generationen der Bastarde von Hund und Wölfin. Is. G. St. Hilaire erhielt die Bastarde zwischen Schakal und Hund durch drei, Flourens durch vier Generationen. Nach den in Frankreich in grossem Massstabe angestellten Züchtungsversuchen zwischen Hasen und Kaninchen scheint es, als wenn die zuerst von Roux in Angoulême für den

1) Die Aufstellung des Begriffes der *Subspecies* oder *Unterart*, zu welchem die Systematik gedrängt worden ist, steht in vollständigem Widerspruch zu dem *Art*-begriff der Schule und ist das sprechendste Zeugniss, dass die Systematiker selbst das Relative in der Unterscheidung von Art und Varietät anerkennen.

2) C. Nägeli, Entstehung und Begriff der Naturhistorischen Art. München. 1865.

Handel gezüchteten Hasenkaninchen (Lièvres-lapins) vollständig fruchtbar sind. Auch sind Halbblut-Bastarde von Kaninchen und Hasen gezüchtet worden und haben sich durch viele Generationen auf dem Wege reiner Inzucht fruchtbar fortgepflanzt. Vollkommen fruchtbar scheinen die Bastarde von *Phasianus colchicus* und *Ph. torquatus*, ferner von *Cervulus vaginalis* und *C. Reevesi* zu sein, ebenso die Bastardgänse von *Anser cinereus* und *An. cygnoides*, welche in ganzen Heerden des Nutzens halber in Indien gehalten werden. Auch die Bastarde vom Ziegenbock und Schaf, in Chili wegen des Felles gezüchtet, sollen dort unter sich vollkommen fruchtbar sein. Ebenso haben sorgfältige Versuche über Bastardirung von Pflanzen, insbesondere die Beobachtungen von W. Herbert zu dem Ergebniss geführt, dass manche Bastarde unter sich so vollkommen fruchtbar wie die reinen Stammarten sind. Selbst im freien Naturleben beobachtet man Mischungsformen verschiedener Arten, die nicht selten für selbstständige Arten gehalten und als solche beschrieben wurden (*Tetrao medius*, Bastard vom Auerhahn und Birkhuhn. *Abramidopsis Leuckartii, Bliccopsis abramorutilus* u. a. sind nach v. Siebold Bastarde). Selbst im freien Naturleben vermag die Sterilität der Bastarde nicht als Gesetz zu gelten, da zahlreiche Arten wild lebender Pflanzen als Bastard-Arten erkannt worden sind (Kölreuter, Gärtner, Nägeli — *Cirsium, Cytisus, Rubus*). Um so weniger erscheint es für die der menschlichen Cultur unterworfenen Thiere zweifelhaft, dass nach allmähliger Gewöhnung und Umänderung aus ursprünglich verschiedenen Arten persistente Zwischenformen durch Kreuzung erzielt werden können. Schon Pallas sprach in diesem Sinne die Ansicht aus, dass nahe verwandte Arten, welche sich anfangs nicht mit einander paaren oder nur -unfruchtbare Bastarde liefern, nach lange fortgesetzter Domesticirung fruchtbare Nachkommen zeugen. Und in der That ist es bereits für einige unserer Hausthiere wahrscheinlich gemacht, dass sie in vorhistorischer Zeit auf dem Wege unbewusster Züchtung als die Abkömmlinge verschiedener Arten ihren Ursprung genommen haben. Insbesondere versuchte Rütimeyer diesen Weg der Entstehung für das Rind (Bos taurus) nachzuweisen, welches er als neuen Stamm durch die Kreuzung von mindestens zwei Stammformen (Bos *primigenius, brachyceros*) herleitet. Auch für das Hausschwein, die Hauskatze, die zahlreichen Hunderassen kann die Abstammung von mehreren wildlebenden Stammarten als gesichert gelten.

Bei alledem wird man den erörterten Ausnahmsfällen gegenüber auf die stets vollkommene Fruchtbarkeit der Blendlinge, d. h. der durch Kreuzung verschiedener Rassen gleicher Art erzeugten Nachkommen, ein grosses Gewicht legen; doch gibt es auch hiervon einige Ausnahmen. Abgesehen von den Fällen, in welchen die Begattung verschiedener Rassen schon aus mechanischen Gründen unmöglich ist, scheinen sich nach den Beobachtungen zuverlässiger Thierzüchter gewisse Rassen nur schwierig zu kreuzen, ja sogar einzelne durch Zuchtwahl vom gemeinsamen Stamme hervorgegangene Formen überhaupt nicht mehr fruchtbar zu begatten. Die von Europa aus in Paraguay eingeführte Hauskatze hat sich dort nach Rengger im Lauf der Zeit wesentlich verändert und eine entschiedene Abneigung gegen die Europäische Stammform gewonnen. Das europäische Meerschwein paart sich nicht mehr mit der brasilianischen

Form, von der es wahrscheinlich abstammt. Das Porto-Santo-Kaninchen, welches im 15. Jahrhundert von Europa aus auf *Porto-Santo* bei *Madeira* übertragen wurde, hat sich in dem Grade verändert, dass seine Kreuzung mit den Europäischen Kaninchen-Rassen nicht mehr gelingt.

Wir können daher auch in Bezug auf Zeugung und Fortpflanzung behaupten, dass wohl ein bedeutender Unterschied, aber keine absolute Grenzlinie zwischen Art und Varietät besteht.

Die Ansichten von Lamarck und Geoffroy Saint-Hilaire.

Bei der offenbaren Schwierigkeit, den Artbegriff scharf zu definiren, waren schon am Anfange dieses Jahrhunderts angesehene und ausgezeichnete Naturforscher, einerseits durch die fast ununterbrochene Stufenreihe der Formen, andererseits durch die Resultate der sog. künstlichen Züchtung zur Bekämpfung der herrschenden Ansicht von der Unabänderlichkeit der Arten veranlasst.

Lamarck stellte bereits im Jahre 1809 in seiner *Philosophie zoologique* die Lehre von der Abstammung der Arten von einander auf, indem er die allmähligen Veränderungen zum kleinen Theil von den wechselnden Lebensbedingungen, grossentheils aber von dem Gebrauche und Nichtgebrauche der Organe ableitete. Die Art und Weise seiner Erklärungsversuche stützte sich freilich nicht auf eine streng ausgebildete und tiefer durchdachte Theorie, sondern mehr auf eine zum Theil recht grobe Anschauungsform, die in einzelnen Fällen geradezu lächerlich erschien, in andern wohl möglich sein, niemals aber bewiesen werden konnte. So sollte z. B. die lange Zunge der Spechte und Ameisenfresser durch die Gewohnheit dieser Thiere entstanden sein, die Nahrung aus engen und tiefen Spalten und Oeffnungen hervorzuholen. Der Hals der Giraffe verdankte seine Länge dem beständigen Hinaufrecken nach dem Laube höherer Bäume. Die Schwimmhäute zwischen den Zehen bildeten sich in Folge der Schwimmbewegungen zahlreicher zum Wasserleben gezwungener Thiere. Neben der Anpassung legte Lamarck das grösste Gewicht zur Erklärung seiner Abstammungslehre auf die Vererbung, auf welche er die Aehnlichkeitsabstufungen der einzelnen Gruppen zurückführte. Das Auftreten der einfachsten Organismen erklärte er auf dem Wege der Urzeugung und nahm an, dass anfangs nur die allereinfachsten und niedrigsten Thiere und Pflanzen existirten.

Geoffroy Saint-Hilaire sprach als Verfechter der Idee von dem einheitlichen Organisationsplane aller Thiere vor seinem Gegner Cuvier die Ueberzeugung aus, dass die Arten nicht von Anfang an in unveränderter Weise existirt hätten. Obwohl im Wesentlichen mit der Lehre Lamarck's von der Entstehung und Transmutation der Arten in Uebereinstimmung, schrieb er der eigenen Thätigkeit des Organismus für die Umbildung einen geringern Einfluss zu und glaubte die Umbildungen durch die direkte Wirkung der Veränderungen der Aussenwelt (monde ambiant) erklären zu können. So sollten in Folge der Verminderung des Kohlensäure-Gehaltes in der Atmosphäre aus Eidechsen Vögel entstanden sein, indem, wie er sich dachte, der durch den grössern

Sauerstoffgehalt gesteigerte Athmungsprocess eine höhere Bluttemperatur und energischere Muskel- und Nerventhätigkeit bewirkt habe, und die Schuppen zu Federn geworden seien.

Endlich wird Göthe in gewissem Sinne als Anhänger und Mitbegründer der Transmutationslehre betrachtet, jedoch mit Unrecht, da man nicht sagen kann, dass er je die Vorstellung einer factischen Umwandlung der Arten gehabt und verkündigt hat. Durch seine ganze Art, die Dinge der Umgebung zu betrachten, war er zu einer geistreichen Verknüpfung des nebeneinander bestehenden Mannichfaltigen gedrängt, welches sich seinem geistigen Auge nicht nur in zweckmässiger Harmonie, sondern in »unaufhaltsam fortschreitender Umbildung« darstellte. Während derselbe in seinen naturwissenschaftlichen Arbeiten (die Metamorphose der Pflanzen, Wirbeltheorie des Schädels, über den Zwischenkiefer des Menschen) von dem Gedanken erfüllt war, in der Mannichfaltigkeit der Erscheinungen die Einheit der Grundlage nachzuweisen, sprach er sich an zahlreichen [1]) Stellen seiner übrigen Schriften und Werke in mehr allegorischer Auffassung für eine unaufhaltsame Umbildung und für die Einheit des Lebendigen aus; doch blieben seine eben so schönen als bedeutenden Aussprüche mehr geistreiche Aperçus, es fehlte ihnen das Fundament einer ausgebildeten auf Thatsachen gestützten Theorie.

Auf die Ansichten dieser Forscher musste dann später die durch Hoffmann in Deutschland, sowie besonders durch die Engländer Lyell und Forbes herbeigeführte Umgestaltung der geologischen Grundanschauungen zurückzuführen. Anstatt durch die Cuvier'sche Lehre von grossen Erdrevolutionen und aussergewöhnlichen, alles Leben vernichtenden Katastrophen, suchte Lyell (Principles of Geology) die geologischen Veränderungen aus den noch heute ununterbrochen und allmählig wirkenden Kräften mit Benutzung sehr bedeutender Zeiträume zu erklären. Indem die Geologen mit Lyell die Hypothese von zeitweise erfolgten Störungen des gesetzmässigen Naturverlaufes aufgaben, mussten sie auch die Continuität des Lebendigen für die aufeinander folgenden Perioden der Erdbildung annehmen und die grossen Veränderungen der organischen Welt auf kleine und langsam, aber während grosser Zeiträume ununter-

1) Von den bezüglichen Stellen, welche in der generellen Morphologie von E. Haeckel in grösserer Zahl zusammengestellt sind, mögen hier nur folgende angezogen werden.

> Alle Glieder bilden sich aus nach ew'gen Gesetzen,
> Und die seltenste Form bewahrt im Geheimen das Urbild.
>
> Also bestimmt die Gestalt die Lebensweise des Thieres
> Und die Weise zu leben, sie wirkt auf alle Gestalten
> Mächtig zurück. So zeiget sich fest die geordnete Bildung,
> Welche zum Wechsel sich neigt durch äusserlich wirkende Wesen.
>
> Aus der »Metamorphose der Thiere«.

Eine innere und ursprüngliche Gemeinschaft liegt aller Organisation zu Grunde; die Verschiedenheit der Gestalten dagegen entspringt aus den nothwendigen Beziehungsverhältnissen zur Aussenwelt, und man darf daher eine ursprüngliche, gleichzeitige Verschiedenheit und eine unaufhaltsame Umbildung mit Recht annehmen, um die ebenso constanten als abweichenden Erscheinungen begreifen zu können.

brochen wirkende Einflüsse zurückzuführen suchen. Die Veränderlichkeit der Art, die Entstehung neuer Arten aus älteren Stammformen im Laufe unendlicher Zeiträume wird demnach seit Lyell als nothwendiges Postulat von der Geologie in Anspruch genommen, um auf natürlichem Wege ohne die Voraussetzung wiederholter Schöpfungsacte die Verschiedenheiten der Thiere und Pflanzen für die aufeinander folgenden Perioden zu erklären.

Die Descendenzlehre, gestützt auf das Princip der natürlichen Auswahl. (Darwinismus).

Indessen bedurfte es einer besser begründeten und durch ein festeres Fundament gestützten Theorie, um der bereits durch Lamarck und Geoffroy Saint-Hilaire vertretenen aber unbeachtet gebliebenen Transmutationshypothese grösseren Nachdruck zu verleihen, und es ist das Verdienst des grossen englischen Naturforschers Ch. Darwin, mit Benutzung eines umfassenden wissenschaftlichen Materiales für die Entstehung und Umwandlung der Arten eine Lehre begründet zu haben, welche in engem Anschlusse an die Ansichten Lamarck's und Geoffroy's und im Einklang mit den von Lyell aufgestellten Voraussetzungen sowohl durch die Einfachheit des Princips als durch die objectiv geistvolle und überzeugende Durchführung, trotz der Widersprüche mannichfaltiger Gegner, schon jetzt zu fast allgemeiner Anerkennung gelangt ist. Darwin[1]) geht in seinem Versuche, die Descendenz- und Transmutationshypothese zu begründen, von dem Gesetze der Erblichkeit aus, nach welchem sich die Charaktere der Eltern auf die Nachkommen übertragen. Neben der Erblichkeit besteht aber eine durch die besondern Ernährungsverhältnisse bedingte Anpassung, eine beschränkte Variabilität der Formgestaltung, ohne welche die Individuen gleicher Abstammung identisch sein müssten. Mit der Vererbung des Gleichartigen verknüpft sich die individuelle Variation in den Eigenschaften der Nachkommen, und es entstehen auf diesem Wege Abänderungen, auf welche von Neuem das Gesetz der Vererbung Anwendung findet. Vornehmlich sind die Culturpflanzen und Hausthiere, deren Einzelwesen weit mehr variiren, als die im freien Naturzustande lebenden Geschöpfe, zu Abänderungen geneigt, und *Culturfähigkeit* ist im Grunde nichts anderes, als die Fähigkeit, veränderten Bedingungen der Ernährung und Lebensweise den Organismus unterzuordnen und anzupassen. Es beruht die *künstliche Züchtung*, durch welche es dem Menschen gelingt, mittelst zweckmässiger *Auswahl* bestimmte, seinen Bedürfnissen entsprechende Eigenschaften der Thiere und Pflanzen zu erzielen, auf der Wechselwirkung von Vererbung und indi-

---

1) Ch. Darwin, On the origin of species by means of natural selection. London. 1859, übersetzt von Bronn. Stuttgart. 1860. Dasselbe bereits in sechster englischer Auflage erschienen, welche in der fünften Auflage der deutschen Ausgabe von V. Carus übersetzt ist. Stuttgart. 1872; ferner Ch. Darwin, das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication, übersetzt von V. Carus. Bd. I und II. 2. Auflage, Stuttgart. 1873.

viduellen Variation, beziehungsweise Anpassung, und es ist sehr wahrscheinlich, dass auf diesem Wege die zahlreichen Hausthierrassen in früheren Zeiten grossentheils unbewusst vom Menschen geschaffen sind, wie heutzutage mit Absicht neue Abarten in immer grösserer Zahl gezüchtet werden. Aber auch im Naturleben wirken ähnliche Vorgänge, um Abänderungen und Varietäten ins Leben zu rufen. Es gibt auch eine *natürliche Züchtung,* welche durch den Kampf der Organismen um die Existenz ins Leben gerufen, bei der Kreuzung eine *natürliche Auswahl* veranlasst. Alle Thiere und Pflanzen stehen, wie bereits Decandolle und Lyell mit Scharfsinn erörtert haben, in gegenseitiger Mitbewerbung und ringen unter einander und mit den äussern Lebensbedingungen um ihre Erhaltung. Die Pflanze kämpft mit grösserm oder geringerm Glück gegen die Verhältnisse des Klimas, der Jahreszeit und des Bodens, sie entzieht durch überreiches Wachsthum anderen Pflanzen die Möglichkeit des Fortbestehens. Die Thiere stellen den Pflanzen nach und leben in gegenseitigem Vernichtungskriege; die Fleischfresser nähren sich grossentheils von den Pflanzenfressern. Dabei sind alle bestrebt, sich in starkem Verhältnisse zu vermehren. Jeder Organismus erzeugt weit mehr Abkömmlinge als überhaupt bestehen können. Bei einer bestimmten Grösse der Fruchtbarkeit muss jede Art einer entsprechenden Grösse der Zerstörung ausgesetzt sein, denn fiele die letztere aus, so würde sich die Zahl ihrer Individuen in geometrischer Progression so ausserordentlich vermehren, dass keine Gegend das Erzeugniss ernähren könnte Fiele umgekehrt der durch die Fruchtbarkeit, Grösse, besondere Organisation, Färbung etc. gegebene Schutz hinweg, so müsste die Art bald von der Erde verschwinden. Unter den verwickelten Lebensbedingungen und gegenseitigen Beziehungen ringen selbst die entferntesten Glieder (wie der Klee und die Mäuse) ums Dasein, aber der heftigste Kampf betrifft die Einzelwesen derselben Art, welche die gleiche Nahrung suchen und gleichen Gefahren ausgesetzt sind. In diesem Kampfe werden nothwendig diejenigen Individuen, welche durch ihre besonderen Eigenschaften am günstigsten gestellt sind, am meisten Aussicht haben, zu überdauern und ihres Gleichen zu erzeugen, also auch die der Art nützlichen Abänderungen fortzupflanzen und in den Nachkommen zu erhalten, beziehungsweise zu vergrössern. Wie die künstliche Züchtung eine durch die Vortheile des Menschen bestimmte, absichtliche Auswahl trifft, um allmählig merkliche Abänderungen zu schaffen, so führt die *natürliche Züchtung* in Folge des Kampfes um die Existenz zu einer *natürlichen Auswahl,* welche die der Thierart vortheilhaften Abänderungen ins Leben ruft. Da aber der Kampf ums Dasein zwischen den nächststehenden Lebensformen um so heftiger sein muss, je mehr sie sich gleichen, so werden die am meisten divergirenden die grösste Aussicht haben, fortzubestehen und Nachkommen zu erzeugen, daher ist die Divergenz des Characters und das Erlöschen der Mittelformen nothwendige Folge. So werden durch Combinirung nützlicher Eigenschaften und durch Häufung ursprünglich sehr kleiner vererbter Eigenthümlichkeiten immer weiter auseinander weichende Varietäten entstehen, was Darwin an freilich erdachten Beispielen nachzuweisen sucht; es erklärt sich aber nun, wesshalb alles an den Organismen zweckmässig eingerichtet ist, um scheinbar die Existenz auf die beste Weise sicher zu stellen. *Die grosse Reihe von Erscheinungen,*

welche man bisher nur teleologisch umschreiben konnte, wird somit auf Causalverhältnisse, auf nothwendig wirkende Ursachen zurückgeführt und in ihrem natürlichen Zusammenhange verständlich gemacht.

Diese Lehre von der *natürlichen Züchtung* (*Selectionstheorie*) stützt sich einerseits auf die Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung, andererseits auf den überall in der Natur nachweisbaren *Kampf ums Dasein*, und erscheint als das Fundament der Darwin'schen Theorie. In ihrem Grundgedanken eine Anwendung der Populationslehre von Malthus auf das Thier- und Pflanzenreich, wurde sie gleichzeitig mit Darwin auch von Wallace [1]) entwickelt, von Darwin aber in der umfassendsten wissenschaftlichen Begründung durchgeführt. Freilich müssen wir eingestehn, dass die Züchtungslehre Darwin's, obwohl auf biologische Vorgänge und offenbar wirksame Gesetze des Naturlebens gestützt, doch weit davon entfernt ist, die letzten Ursachen und den physikalischen Zusammenhang für die Erscheinungen der Anpassung und Vererbung aufzudecken, da sie nicht die Gründe nachzuweisen vermag, wesshalb diese oder jene Variation als nothwendig bestimmte Folge veränderter Lebens- und Ernährungsbedingungen auftreten muss und wie sich die mannichfachen und wunderbaren Erscheinungen der Vererbung als Functionen der organischen Materie ergeben. Offenbar ist es eine *starke Uebertreibung* [2]), wenn begeisterte Anhänger die Theorie Darwin's Newton's Gravitationstheorie als ebenbürtig an die Seite setzen, weil »dieselbe auf ein einziges Grundgesetz, eine einzig wirkende Ursache, nämlich auf die Wechselwirkung der Anpassung und Vererbung« gestützt sei. Sie übersehen aber ganz und gar, dass es sich hier nur um den Nachweis eines mechanisch causalen Zusammenhangs zwischen *biologischen* Erscheinungsreihen, nicht im entferntesten aber um eine *physikalische* Erklärung handelt. Mögen wir immerhin berechtigt sein, die Erscheinungen der Anpassung auf Vorgänge der Ernährung und des Stoffumsatzes zu beziehn, die Erblichkeit eine »physiologische Funktion« des Organismus zu nennen, so muss uns doch klar sein, dass wir zur Zeit diesen Erscheinungen gegenüberstehn, wie der Wilde dem Linienschiffe. Während uns die mannichfachen Thatsachen der Vererbung [3]) vollkommen räthselhaft bleiben, sind wir wenigstens für gewisse Veränderungen der Organe zuweilen im Stande, uns in allgemeiner Umschreibung physikalische Gründe aus den veränderten Bedingungen des Stoffwechsels zu Recht zu legen; nur selten vermögen wir — wie im Falle der Wirkung des Gebrauchs und Nichtgebrauchs — in mehr direkter Weise die vermehrte oder verminderte Ernährung, also eine chemisch-physikalische Ursache, für die Vergrösserung oder Verkümmerung der Organe einzusehn.

Man hat Darwin mit Unrecht vorgeworfen, dass er in seinem Erklärungsversuche für das Auftreten von Varietäten dem Zufall eine bedeutende Rolle

1) Vergl. auch A. B. Wallace, Beiträge zur Theorie der natürlichen Zuchtwahl. Autorisirte deutsche Ausgabe von A. B. Meyer. Erlangen. 1870.

2) Vergl. E. Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte. 4. Auflage. Berlin. 1873. pag. 23, 25 etc.

3) Ebenso ist es ein Missbrauch mit dem Begriff des Wortes »Gesetz«, wenn man die zahlreichen theilweise sich widersprechenden und beschränkenden Erscheinungen der Vererbung als eben so viele Vererbungs-»Gesetze« darstellt.

einräume, das ganze Gewicht auf die Wechselverkettungen der Organismen im Kampfe ums Dasein lege, dagegen den direkten Einfluss physikalischer Wirkung auf Formabweichungen unterschätze. Dieser Vorwurf scheint mir jedoch aus einer unzureichenden Würdigung des ganzen Principes zu entspringen. Darwin sagt selbst, dass der öfter von ihm gebrauchte Ausdruck Zufall — für das Auftreten irgend welch' kleiner Abänderung — eine ganz incorrekte Ausdrucksweise sei, nur geeignet, unsere gänzliche Unwissenheit über die physikalische Ursache jeder besondern Abweichung zu bekunden. Wenn Darwin allerdings durch eine Reihe von Betrachtungen zu dem Schlusse kommt, den Lebensbedingungen, wie Klima, Nahrung etc. für sich allein einen nur geringen directen Einfluss auf Veränderlichkeit zuzuschreiben, da z. B. dieselben Varietäten unter den verschiedensten Lebensbedingungen entstanden seien und verschiedene Varietäten unter gleichen Bedingungen auftreten, auch die zusammengesetzte Anpassung von Organismus an Organismus unmöglich durch solche Einflüsse hervorgebracht sein können, so erkennt er doch den *primären Anlass zu geringen Abweichungen der Structur in der veränderten Beschaffenheit der Nahrungs- und Lebensbedingungen*; aber erst die natürliche Zuchtwahl häuft und verstärkt jene Abweichungen in dem Masse, dass sie für uns wahrnehmbar werden und eine in die Augen fallende Variation bewirken. Gerade auf der nnigen Verknüpfung direkter physikalischer Einwirkung mit dem Erfolge der natürlichen Zuchtwahl beruht die ganze Stärke der Darwin'schen Beweisführung.

Die Entstehung von *Varietäten* und *Rassen*, die sich mittelst der natürlichen Züchtung in ungezwungener Weise erklärt, ist aber nur der erste Schritt in den Vorgängen der stetigen Umbildung der Organismen. Wie langsam und allmählig auch der Process der Zuchtwahl wirken mag, so bleibt doch keine Grenze für den Umfang und die Grösse der Veränderungen, für die endlose Verknüpfung der gegenseitigen Anpassungen der Lebewesen, wenn man für die Wirksamkeit der natürlichen Zuchtwahl sehr lange Zeiträume in Anschlag bringt. Mit Hülfe dieses neuen Faktors der bedeutenden Zeitdauer, welche nach den Thatsachen der Geologie nicht von der Hand gewiesen werden kann und in unbegrenztem Masse zur Verfügung steht, fällt die Kluft zwischen Varietäten und Arten hinweg. Indem die ersteren im Laufe der Zeit immer mehr auseinanderweichen — und je mehr sie das thun und in ihrer Organisation differenzirt werden, um so besser werden sie geeignet sein, verschiedene Stellen im Haushalte der Natur auszufüllen, um so mehr an Zahl zuzunehmen — so gewinnen sie schliesslich die Bedeutung von Arten, welche sich im freien Naturleben nicht mehr kreuzen oder wenigstens nur ausnahmsweise noch Nachkommen erzeugen. *Die Varietät ist daher nach Darwin beginnende Art.* Varietät und Art sind durch continuirliche Abstufungen verbunden und nicht absolut von einander getrennt, sondern nur relativ durch die Grösse der Unterschiede in den morphologischen (Formcharakteren) und physiologischen (Kreuzungsfähigkeit) Eigenschaften verschieden.

Dieser Schluss Darwins, welcher die Resultate der natürlichen Züchtung von der *Varietät* auf die *Art* ausdehnt, findet von Seiten der Gegner, welche meistens in Vorurtheilen befangen, den herkömmlichen Begriffen die

Erscheinungen des Naturlebens unterordnen, eine hartnäckige und oft erbitterte Bekämpfung. Wenn dieselben auch die Thatsachen der Variabilität nicht läugnen können und selbst den Einfluss der natürlichen Zuchtwahl auf Bildung von natürlichen Rassen zugestehen, so bleiben sie doch dem Glauben an eine absolute Scheidewand zwischen Art und Abart treu. In der That sind wir jedoch nicht im Stande, eine solche Grenzlinie zu ziehen. Weder die Qualität der unterscheidenden Merkmale noch die Resultate der Kreuzung liefern uns entscheidende Kriterien für Art und Abart. Die Thatsache aber, dass wir keine befriedigende Definition für den Artbegriff ableiten können, eben weil wir Art und Varietät nicht scharf von einander abzugrenzen vermögen, fällt für die Zulässigkeit der Darwin'schen Schlussfolgerung um so schwerer in die Wagschale, als weder die Variabilität der Organismen und der Kampf um das Dasein, noch die sehr lange Zeitdauer für die Existenz des Lebendigen bestritten werden können. Die Variabilität der Formen ist ein feststehendes Factum, ebenso der Kampf ums Dasein. Gibt man aber bei diesen beiden Factoren die Wirksamkeit der natürlichen Züchtung zu, so wird man zunächst die Varietäten- und Rassenbildung zu verstehen vermögen, obwohl die directe Beobachtung nicht einmal diese zu erweisen im Stande ist. Denkt man sich nun aber denselben Process, welcher zur Entstehung von Varietäten führt, in einer immer grössern Zahl von Generationen fortgesetzt und während um vieles grösserer Zeiträume wirksam — und man wird in der Verwendung enormer Zeiträume um so weniger durch eine Grenze gebunden sein, als solche die Geologie zur Erklärung ihrer Erscheinungen fordert — so werden sich die Abweichungen immer höher und zu dem Werthe von Artverschiedenheiten steigern.

In noch grössern Zeiträumen werden sich die Arten bei gleichzeitigem Erlöschen der Zwischenglieder und Aussterben mancher ältern unter den neuen Verhältnissen des Kampfes um das Dasein nicht mehr entsprechend ausgerüsteten Arten so weit von einander entfernen, dass wir sie zu verschiedenen Gattungen stellen und nach dem Masse ihrer Verschiedenheiten in Familien gruppiren. Die grössern und tiefer greifenden Gegensätze der Organisation, wie sie in den stufenweise höhern Kategorien des Systemes zum Ausdruck kommen, werden ihrem Ursprung nach in entsprechend ältere Zeiten zurückreichen. Demgemäss dürften auch die verschiedenen Stammformen der Classen eines Typus schliesslich auf denselben Ausgangspunkt zurückführen. Da aber auch die verschiedenen Typen durch mannichfaltige vornehmlich die einfachern Glieder verbindenden Uebergangsformen mehr oder minder eng verknüpft sind, so wird sich die Zahl der ursprünglichen Grundformen ausserordentlich reduciren, und da wahrscheinlich bei dem Zusammenhang zwischen Thier- und Pflanzenreich die ungeformte contractile Substanz, Sarcode und Protoplasma, der Ausgangspunkt alles organischen Lebens gewesen sein mag, sind auch die Stammformen, welche zu den Gegensätzen der Typen innerhalb des Thierreiches geführt haben, genetisch unter einander in näherem oder entfernterem Masse verbunden.

Dann aber hat die Art die Bedeutung einer selbständig geschaffenen und unveränderlichen Einheit verloren und erscheint in dem grossen Entwicklungsgesetz als ein vorübergehender auf kürzere oder längere Zeitperioden

beschränkter und veränderlicher Formenkreis, *als Inbegriff der Zeugungskreise, welche bestimmten Existenzbedingungen entsprechen und unter diesen eine gewisse Constanz der wesentlichen Merkmale bewahren.* Die verschiedenen Kategorien des Systems bezeichnen den näheren oder entfernteren Grad der Blutsverwandtschaft und das System ist der Ausdruck der genealogischen auf Abstammung gegründeten Verwandtschaft. Dasselbe muss aber als eine lückenhafte und unvollständige Stammtafel erscheinen, da die ausgestorbenen Urahnen der Organismen unserer jetzigen Periode aus der geologischen Urkunde nur sehr unvollkommen zu erschliessen sind, unzählige Zwischenglieder fehlen, und vollends aus den ältesten Zeiten keine Spuren organischer Ueberreste erhalten sind. Nur die letzten Glieder des unendlich umfassenden und verästelten Stammbaumes stehen uns in ausreichender Zahl zur Verfügung, nur die äussersten Spitzen der Zweige sind vollständig erhalten, während von den zahllosen auf das mannichfaltigste ramificirten Zweigen und Aestchen nur hier und da ein Knotenpunkt erkannt wird. Daher erscheint es bei dem gegenwärtigen Stande unserer Erfahrungen ganz unmöglich, eine hinreichend sichere Vorstellung von diesem natürlichen Stammbaum der Organismen zu gewinnen, und wenn wir auch in E. Haeckels genealogischen Versuchen die Umsicht und Kühnheit der Speculationen bewundern, so müssen wir doch zugestehn, dass zur Zeit im Einzelnen einer Unzahl von Möglichkeiten freier Spielraum bleibt, und das subjective Ermessen anstatt des objectiven Thatbestandes zu sehr in den Vordergrund tritt. Wir werden uns daher vorläufig mit einer unvollständig erkannten mehr oder minder künstlichen Anordnung begnügen, obwohl wir im Stande sind, *den Begriff des natürlichen Systemes theoretisch* festzustellen.

Wenn wir die Beweisgründe der Darwin'schen Selectionstheorie und der auf dieselbe gegründeten Transmutationstheorie einer Kritik unterziehen, so kommen wir sehr bald zu der Ueberzeugung, dass eine directe Beweisführung zur Zeit und vielleicht überhaupt für die Forschung unmöglich ist, da sich die Lehre auf Voraussetzungen stützt, welche der Controle der directen Beobachtung entzogen sind. Während nämlich für die Umwandlungen der Formen unter natürlichen Lebensbedingungen Zeiträume gefordert werden, die auch nicht annähernd menschlicher Beobachtung zur Verfügung stehen, sind anderseits die bestimmten und sehr complicirten Wechselwirkungen, welche im Naturleben die Lebensformen im Sinne der natürlichen Züchtung zu verändern bestreben, nur im Allgemeinen abzuleiten, im Einzelnen aber so gut als unbekannt. Auch entziehen sich die in der freien Natur lebenden unter dem Einflusse der natürlichen Züchtung stehenden Thiere und Pflanzen dem Experiment des Menschen vollständig, und die verhältnissmässig wenigen Formen, welche der Mensch früher oder später in seine volle Gewalt gebracht hat, sind durch die *künstliche* Zuchtwahl verändert und umgestaltet. Die Wirkung der *natürlichen* Züchtung im Sinne Darwin's ist daher überhaupt nicht direct zu beweisen, sondern selbst für die Entstehung von Varietäten nur an erdachten Beispielen zu beleuchten und wahrscheinlich zu machen. Immerhin geben uns die Resultate der künstlichen Züchtung, die zahlreichen und bedeutenden Um-

gestaltungen [1]), durch welche die Culturerzeugnisse in so mannichfacher Weise den Bedürfnissen des Menschen angepasst wurden, um so werthvollere Hinweisungen, als es sich ja auch hier um natürliche, das heisst aus der Natur des Organismus zu erklärende Anpassungen der Form an die veränderten Lebensbedingungen handelt.

Einwürfe gegen die Selectionstheorie.

Man hat gegen die *Anwendbarkeit des Principes der natürlichen Zuchtwahl*, auf dem in letzter Instanz die von Darwin gegebene Begründung der Transmutationslehre beruht, eine grosse Zahl von Einwürfen erhoben, von denen die wichtigsten besprochen und auf ihren Werth geprüft werden sollen.

Man hat mit Recht gefragt, weshalb wir nun nicht die unzähligen Uebergänge, welche nach der Selectionstheorie zwischen Varietäten und Arten existirt haben, in der Natur aufzufinden im Stande sind und den Einwurf erhoben, dass unter den erörterten Voraussetzungen statt der mehr oder minder wohl begrenzten Arten ein buntes Chaos von Formen zu erwarten sei. Dem ist jedoch folgendes zu entgegnen. Da die natürliche Zuchtwahl ausserordentlich langsam und *nur dann wirkt, wenn vortheilhafte Abänderungen auftreten*, von den Abänderungen aber stets die divergentesten Glieder für den Kampf ums Dasein am günstigsten ausgerüstet sind, so werden die zahlreichen kleinen Zwischenstufen längst verschwunden sein, wenn im Laufe der Zeit eine als solche erkennbare Varietät zur Entwicklung gelangt ist. *Natürliche Zuchtwahl geht stets mit Vernichtung der Zwischenformen Hand in Hand* und bringt durch den Vervollkommnungsprocess nicht nur gewöhnlich die Stammform, sondern sicher in allen Fällen die allmähligen Uebergänge der Reihe nach zum Erlöschen. Nun sollte man wenigstens Reste von nähern oder entfernteren Mittelgliedern in den Ablagerungen der Erdrinde eingebettet finden, und diese sind auch in der That, wie wir später zeigen werden, für eine Reihe von Formen bekannt geworden. Dass wir nur selten grössere und zusammenhängende Reihen continuirlich aufeinanderfolgender Abänderungen in umfassenderem Massstabe nachzuweisen im Stande sind, erklärt sich aus der grossen Unvollständigkeit der geologischen Urkunde. Man sollte ferner überall da, wo auf zusammenhängenden Ländergebieten in verschiedenen Breiten und Höhen, unter abweichenden geographischen Verhältnissen der Bodenbeschaffenheit und des Klimas verwandte Varietäten oder stellvertretende Arten, welche von gemeinsamer Stammform ausgegangen sind, nebeneinander leben, in den Grenzbezirken die Existenz von Mittelformen erwarten. In Wirklichkeit aber sind geographische Varietäten und vicariirende Arten [2]) gewöhnlich

1) Vergl. Darwin, Das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication. Uebersetzt von V. Carus. I. u. II. Band. 2. Aufl. Stuttgart. 1872.

2) Ein merkwürdiges Beispiel von Uebergangsformen lebender Arten hat jüngst H. W. Bates mitgetheilt. »Eine Allgemeine Aehnlichkeit der Species mit denen von Guayana ist einer der Hauptzüge in der Zoologie des Amazonenthales; aber in den

so vertheilt, dass sie an den Grenzen ihrer Verbreitungsbezirke seltener werden und zuletzt ohne Zwischenformen ganz verschwinden, zuweilen kommen jedoch in den schmalen Grenzdistricten Zwischenvarietäten in beschränkter Individuenzahl vor. Wir müssen jedoch berücksichtigen, dass viele jetzt zusammenhängende Gegenden in früheren Perioden, wie manche Continente noch zur Tertiärzeit, als Inselgruppen von einander gesondert waren, andere Gebiete durch schwer zu überschreitende Schranken hoher Gebirge und breiter Ströme in Regionen getheilt sind, in welchen der Verkehr für zahlreiche Organismen sehr gehemmt, die Ein- und Auswanderung schwer beweglicher Formen vollkommen abgeschnitten sein kann. Isolirung aber muss in hohem Grad die Entwicklung vicariirender Abänderungen und stellvertretender Arten in den getrennten Gebieten begünstigen, da die verschiedenen Lebensbedingungen die Verhältnisse der Concurrenz im Kampfe ums Dasein verändern, hingegen die Entstehung geographischer Mittelformen ganz unmöglich machen. In der That stimmt hiermit die bekannte Thatsache, dass isolirte Gebiete, wie besonders Inseln, reich an sog. endemischen Arten sind.

So bedeutend immerhin der Einfluss sein mag, den die räumliche Isolirung auf Entstehung von Varietäten und Arten ausübt, so erscheint dieselbe doch keineswegs, wie neuerdings M. Wagner [1]) in seiner Migrationslehre darzuthun glaubte, als *nothwendige* Bedingung für den *Erfolg der Zuchtwahl.* Da sich die ersten unmerklich kleinen Abänderungen, welche den Anfang zur Entstehung einer Varietät bilden, im Kampfe mit einer *Ueberzahl* von unveränderten Individuen befinden, mit denen sie zusammenleben und in unbeschränkter Kreuzung verkehren, demgemäss also nichts vorhanden sei, was dem für den Thierzüchter so wesentlichen Principe der Isolirung entspreche, so würden schon sehr früh die besondern Eigenschaften wieder verschwinden müssen, bevor sie sich zur Ausbildung einer bestimmt ausgeprägten Varietät hätten häufen und steigern können. Nur die Migration mit nachfolgender

---

Niederungen findet sich eine grosse Zahl localer Varietäten, und viele von ihnen sind so verändert, dass sie für besondere Species gelten können, was sie nach der angenommenen Definition von Art auch wirklich sind. In dem etwas trocknen District von Obydos haben die Formen grössere Aehnlichkeit mit ihren guayanischen Urbildern behalten«. Wir scheinen hier einen Blick in die Bildung neuer Species werfen zu können. Von den Varietäten und nahe verwandten Species der dem tropischen America eigenthümlichen Faltergattung *Heliconius* ist *H. Melpomene* in *Guayana, Venezuela* etc. sehr verbreitet und schmückt die sandigen Gänge in den Wäldern von Obydos, während ihre Stelle in feuchten Wäldern des Amazonenthales von *H. Thelxiope* vertreten wird. Nun kommen aber an zwei Stellen von Walddistricten, welche zwischen den trocknen und feuchten Gebieten die Mitte halten, bastardähnliche Uebergangsformen in einer vollständigen Kette von Abstufungen vor, so dass es schwer hält, dieselben nach Varietäten zu sondern. Da sich jedoch beide Arten nicht paaren, wohl aber an verschiedenen andern Oertlichkeiten mit einander in Berührung kommen, wo die Uebergangsformen fehlen, so scheint der Schluss berechtigt, dass beide Species ursprünglich dieselbe Species waren und H. Thelxiope von Melpomene abzuleiten ist.

Vergl. H. W. Bates, der Naturforscher am Amazonenstrom. Leipzig. 1866.

1) Moritz Wagner, Die Darwin'sche Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen. Leipzig. 1868.

Colonisirung, die Auswanderung von Thieren und Pflanzen in räumlich getrennte, durch schwierig zu übersteigende Schranken gesonderte Gegenden und Ländergebiete schaffe die zur Varietätenbildung nothwendige Isolation und wirke um so sicherer, als in den neuen Bezirken die Nahrungs- und Concurrenz-Bedingungen die individuellen Abänderungen begünstigten. Die ersten veränderten Abkömmlinge solcher eingewanderter Colonisten bildeten dann das Stammpaar einer neuen Species und ihre Heimath wurde zum Mittelpunkte des Verbreitungsbezirks der neuen Art.

Dem ist jedoch mit Recht entgegnet worden, dass auch durch die Wanderung eines einzigen Paares über schwer zu passirende Schranken eine absolute Abschliessung gegen die Stammart keineswegs zu Stande komme, da ja unter den Nachkommen dieses Paares nur wenige die Anfänge zu neuen nützlichen Eigenschaften besitzen, die meisten aber mit der Stammform noch völlig übereinstimmen werden. Bei den ausgewanderten Colonisten tritt der die Variation begünstigende Einfluss veränderter Lebensbedingungen erst in den Tochter- und Enkelgenerationen zur Geltung, auch hier würden anfangs eine Ueberzahl von nicht abgeänderten mit der Stammart genau übereinstimmenden Individuen dieselbe vermeintliche Schwierigkeit bieten.

Für den Erfolg der *künstlichen* Züchtung erscheint allerdings die *Sonderung* der Individuen unumgängliche Bedingung, indessen ist der einfache Schluss von der künstlichen auf die natürliche Zuchtwahl um so weniger zutreffend, als dort die für die Auswahl massgebenden Eigenschaften von der Neigung und dem Nutzen des Menschen bestimmt werden und keineswegs dem Thiere selbst Vortheil bringen. Wenn aber vortheilhafte Eigenschaften auch in noch so geringem Grade zur Erscheinung treten, so bieten sie wahrscheinlich schon durch den Nutzen, den sie der Erhaltung der Lebensform gewähren, einen gewissen Ersatz für die bei der unbeschränkten Kreuzung fehlende Isolation. Durch die Nützlichkeit der vorhandenen Eigenschaft wird die Kreuzung mit den Individuen der Ueberzahl, wenn auch nicht gleich beseitigt, so doch beschränkt und die Eigenschaft über eine immer grössere Zahl von Formen ausgebreitet und verstärkt. Indem die abgeänderten Individuen in steter Zunahme begriffen sind, erfahren die unveränderten und minder vortheilhaft ausgerüsteten Formen eine fortschreitende Verminderung, bis sie schliesslich vollständig verschwinden. Immerhin werden wir zugeben, dass eine nur an einem oder wenigen Individuen plötzlich auftretende und bedeutende Abänderung — etwa dem Falle des Niata-Rindes und Ancona-Schafes analog — im Naturleben nur ausnahmsweise, vielleicht niemals eine Varietät zu erzeugen im Stande ist.

Auch eine andere, die Unzulänglichkeit der Wagner'schen Auffassung beleuchtende Betrachtung weist darauf hin, dass die kleinen und nützlichen Abänderungen, wenn sie im Laufe von Generationen der natürlichen Zuchtwahl einen wirksamen Erfolg verleihen sollen, sogleich an zahlreichen Individuen hervortreten. Nach Wagner's Migrationslehre, welche nur dem Raume nach getrennte Varietäten und Arten in's Auge fasst, würde schwer einzusehen sein, wie neue Varietäten und Arten *in zeitlicher Aufeinanderfolge auf demselben Raumgebiete* während allmähliger geographischer und klimatischer

Veränderungen aus alten Arten hervorgehen könnten. Gerade ausgedehnte und zusammenhängende Gebiete sind für die rasche Erzeugung von Abänderungen und für die Entstehung verbreiteter und zu einer langen Dauer befähigten Arten wegen der Mannichfaltigkeit der Lebensbedingungen besonders günstig, wie Darwin treffend erörtert hat. Auch treffen wir recht oft in den verschiedenen Schichten ein und derselben Ablagerung an der gleichen Oertlichkeit zusammengehörige Varietäten, ja selbst Reihen von Abänderungen an. Wenn wir uns auch über die besondern Vorgänge, welche im einzelnen Falle die auftretende kleine Variation irgend eines Organes veranlasst haben, in voller Unkenntniss befinden und desshalb dem Worte Zufall einen häufigen Gebrauch einräumen, so werden wir doch als Ursache der noch so kleinen Variation die Wirkung bestimmter wenn auch nicht bekannter physikalischer Bedingungen der Ernährung im weitesten Sinne des Wortes anzuerkennen haben. Für die letztern aber sind von grosser Bedeutung die besondern tellurischen und klimatischen Bedingungen, welche im Laufe der Zeiten nachweisbar einen langsamen aber mannichfachen Wechsel erfahren und mit demselben insbesondere die Concurrenzbedingungen der Organismen im Kampfe ums Dasein wesentlich verändert haben. Während der Perioden eines langsamen aber von bedeutenden Resultaten begleiteten Wechsels der Temperatur, der Bodengestaltung und des Klimas werden die nämlichen Ursachen gleichzeitig und mit ähnlicher Intensität auf zahlreiche Individuen gleicher Art eingewirkt und hierdurch den primären Anstoss zu kleinen Variationen gegeben haben, durch welche zahlreiche Individuen in gleicher Richtung, wenn auch anfangs in sehr geringem Grade, abgeändert wurden. Nachher erst, nachdem durch den primären Anlass physikalischer Ursachen zahlreiche Lebensformen von der gleichen Variations-Tendenz ergriffen waren, wirkte die natürliche Züchtung für die Erhaltung und Steigerung bestimmter und nützlicher Modificationen erfolgreich ein.

Neuerdings hat sich M. Wagner [1]), nachdem ihm klar geworden war, dass das »Migrationsgesetz« die Negation des Principes der natürlichen Zucht-

1) M. Wagner, »Ueber den Einfluss der geographischen Isolirung und Colonienbildung auf die morphologischen Veränderungen der Organismen«. Sitzungsberichte der K. Akademie zu München. 1870.

W. spricht in dieser zweiten Schrift als tiefe Ueberzeugung aus, dass die »natürliche Züchtung« neuer Arten etc. in dem von Darwin aufgefassten Sinne ein Irrthum ist. Uebrigens gibt W. seiner Migrationslehre eine Gestalt, die im Grunde einer Aufhebung gleich zu erachten ist, wenn er nunmehr die für die Separation massgebenden Schranken zu so minimalen herabdrückt, dass sie als Hemmniss der Ausbreitung nur noch in der Idee Bedeutung behalten. Hält er doch die Buchten und Tiefen ein und desselben Süsswassersees als topographische Ursache für die periodische Bildung einer getrennten Colonie für ausreichend und glaubt er mit dieser Annahme unbegreiflicher Weise z. B. das Auftreten der 19 Varietäten von Valvata multiformis in den verschiedenen Schichten der ganz localen Süsswasserablagerung von Steinheim erklären zu können. Vergeblich suchen wir in W's. Theorie ein die natürliche Züchtung ersetzendes Erklärungsprincip und müssen es als eine durchaus willkürliche in der Luft schwebende Vorstellung erklären, wenn W. den persönlichen Eigenschaften des Colonistenpaares sowie den individuellen Merkmalen ihrer unmittelbaren Ahnen den primären und massgebenden

wahl in sich schliesse, vollständig von dem *Darwinismus* losgesagt, ohne indessen die unhaltbare Lehre von der Artentstehung durch Separation und Colonienbildung durch irgend einen neuen Gesichtspunkt zu stützen und an Stelle der natürlichen Zuchtwahl ein anderes die Transmutation erklärendes Princip zu setzen.

Ein von mehreren Seiten erhobener, vornehmlich von Mivart [1]) erörterter Einwand betrifft die Unzulänglichkeit der natürlichen Zuchtwahl zur Erklärung der ersten Anfangsstufen der Abänderungen, da diese in vielen Fällen noch keinen Nutzen gebracht haben können. Die Uebereinstimmung, welche zahlreiche Thiere in ihrer Färbung mit der Farbe des Aufenthaltsorts zeigen, die Aehnlichkeit vieler Insecten mit Gegenständen der Umgebung, wie z. B. mit Blättern, dürren Zweigen, Blüthen, Vogelexcrementen etc. wird mittelst der Selectionstheorie in der That nur unter der Voraussetzung erklärt werden, dass die in Frage stehende Eigenschaft bereits von vornherein bei ihrem ersten Auftreten einen ziemlich hohen Grad der Uebereinstimmung, eine gewisse rohe Aehnlichkeit mit äussern Naturobjekten dargeboten hat. Wenn wir bei Culturrassen, deren wildlebende Stammform, wie z. B. das Kaninchen, durch eine bestimmte offenbar nützliche Färbung sich auszeichnet, eine ganz ausserordentliche Variabilität der Farben des Pelzes beobachten, so werden wir wohl zu dem Schlusse berechtigt sein, dass die Färbung des Pelzes auch bei dem wilden Kaninchen oder einer frühern Stammform desselben ursprünglich mehrfach variirte und dass sich dann aber graue Farbentöne, weil sie als Schutzmittel den grössten Vortheil brachten, vorzugsweise erhielten und im Laufe der Generationen fixirt, zu der constanten Färbung führten. Indessen werden in gar vielen Fällen schon geringe Abänderungen Schutz und Nutzen gewähren. Gewiss hebt Darwin mit vollem Recht hervor, dass bei Insecten, welche von Vögeln und andern Feinden mit scharf ausgebildetem Sehvermögen verfolgt werden, jede Abstufung der Aehnlichkeit, welche die Gefahr der leichten Entdeckung verringert, die Erhaltung und Fortpflanzung begünstigt und bemerkt z. B. rücksichtlich des merkwürdigen *Ceroxylus laceratus,* welches nach Wallace einem mit kriechendem Moos oder Jungermannien überwachsenen Stabe gleicht, dass dieses Insect wahrscheinlich in den Unregelmässigkeiten seiner Oberfläche und in der Färbung derselben mehrfach abgeändert habe, bis diese letztere mehr oder weniger grün geworden sei. In ähnlicher Weise sucht Darwin [2]) eine Reihe anderer Beispiele, welche von Mivart als Belege

---

Einfluss für die Formgestaltung der neuen Art zuschreibt, während er den besondern physischen und lokalen Bedingungen des neuen Wohnorts einen nur secundären die Richtung der Abänderung bestimmenden Werth beilegt. Ueber die sich aufdrängende Frage, durch welche Verhältnisse die minimalen Individualitäts-Eigenthümlichkeiten, die ja überdies bei Männchen und Weibchen verschieden sind, im Laufe der Generationen zu Artcharakteren gesteigert werden, geht er durch Analogien-Schlüsse spielend hinweg. Wie wenig diese einseitige, vom Darwinismus emancipirte Migrationslehre zu leisten vermag, ersehen wir auch aus Weismann's Schrift: »Ueber den Einfluss der Isolirung auf die Artbildung. Leipzig. 1872«.

1) Mivart, On the genesis of species. London. 1871.

2) Darwin l. c. 5te Auflage. pag. 248—269.

angeführt waren, dass die natürliche Züchtung die Anfänge der abgeänderten Charaktere nicht zu erklären vermöge (die Barten der Wale, die unsymmetrische Gestalt der Pleuronectiden, die Lage beider Augen auf gleicher Seite, der Greifschwanz bei Affen, die Pedicellarien der Echinodermen, die Avicularien der Bryozoen u. m. a.) zu entkräften.

Andere Gegner haben bestritten, dass überhaupt merkliche Veränderungen im Laufe der Zeit hervortreten und haben sich auf die Uebereinstimmung berufen, welche die Mumien des Ibis und anderer Thiere aus der Zeit der ägyptischen Denkmäler mit den gegenwärtig an gleicher Oertlichkeit lebenden Arten zeigen. Dieselben liessen jedoch die positiven Erfahrungen, die uns über geographische Abarten und über mannichfache der Zeit nach aufeinander folgende Abänderungen vieler Thiere und Pflanzen vorliegen, ganz unberücksichtigt und übersahen ausserdem, dass der Darwinismus gar nicht die beständige Variation der Arten behauptet, sondern neben den relativ kurzen Zeiträumen der Variabilität Perioden der Constanz von sehr langer Zeitdauer voraussetzt. Dass manche Arten in einem noch dazu relativ sehr kurzem Zeitraum absolut die frühern geblieben sind, beweist noch nicht, dass andere Arten an andern Oertlichkeiten in derselben Zeit Varietäten gebildet und sich mehr oder minder verändert haben. Diese Gegner würden besser gethan haben, auf die vielen Thierarten zu verweisen, welche seit dem Beginne der Eiszeit trotz des eingetretenen klimatischen Wechsels unverändert geblieben sind, oder auf die grossen Uebereinstimmungen, welche jetzt lebende Arten und Gattungen mit solchen aus der Tertiärformation oder gar aus der Kreidezeit zeigen. Indessen vermag auch die Thatsache, dass sich in weit grössern Zeiträumen selbst unter veränderten Bedingungen des Klima's und der Lebensweise viele Thiere und Pflanzen ihre frühern Charaktere im Wesentlichen erhalten haben, nicht etwa die Veränderlichkeit der Art überhaupt zu widerlegen.

Ganz anderer Art sind die Einwürfe, welche Bronn, Broca und besonders Nägeli [1]) gegen das Nützlichkeitsprincip der natural selection vorgebracht haben. Dieselben legen ein grosses Gewicht darauf, dass manche Charaktere für ihre Besitzer überhaupt keinen Nutzen gewähren und desshalb nicht von der Zuchtwahl erzeugt oder überhaupt nur beeinflusst sein können. Darwin bemerkt dagegen mit Recht, dass wir über die Bedeutung und den Nutzen vieler Eigenschaften nur unzureichend oder gar nicht unterrichtet sind, dass das, was in der That jetzt keinen Vortheil gewährt, doch in früherer Zeit und unter andern Verhältnissen nützlich gewesen sein kann und weist besonders auf die Correlation der Organe und ihrer Abänderungen hin. Immerhin aber wird zugestanden, dass sowohl unbedeutende individuelle als tiefer greifende und bedeutende Varietäten ohne Beziehung auf irgend welchen Nutzen, bewirkt durch besondere physikalische Ursachen, an zahlreichen Individuen auftreten und zu Modifikationen Anlass geben können. Von Darwin selbst vernehmen wir neuerdings diese wichtige Concession in den Worten: »früher unterschätzte ich die Häufigkeit und Bedeutung der als Folgen spontaner Variabilität auf-

1) C. Nägeli, Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art. München. 1865.

tretenden Modificationen«. Selbstverständlich wird damit die Wirkung der natürlichen Zuchtwahl nicht im geringsten alterirt, zumal es unmöglich ist, die unzähligen Natureinrichtungen, welche auf zweckmässiger Anpassung beruhen, auf anderem Wege zu erklären. Dagegen finden wir in jener Voraussetzung ein Mittel, um die Anfänge auftretender Veränderungen ohne Beziehung auf Nützlichkeit begreiflich zu machen und vermögen dem Nützlichkeitsprincip eine auch aus andern Gründen nothwendig erscheinende Beschränkung zu geben. Vollkommen berechtigt erscheint die Frage Nägeli's, ob es überhaupt denkbar sei, dass die ganze complicirte Organisation der höchsten Pflanze und des höchsten Thieres bloss durch nützliche Anpassung sich nach und nach aus dem Unvollkommenen herausgebildet habe, dass das mikroskopische einzellige Pflänzchen bloss durch den Kampf ums Dasein nach unzähligen Generationen zu einer Phanerogamen-Pflanze, oder um von Thieren zu reden, dass die Amöbe zu einem Polypen, die Planula zu einem Wirbelthiere geworden sei. Dagegen möchte eine andere Betrachtung Nägeli's keine vollkommen zutreffende sein. Wenn dieser Forscher bemerkt, dass die beiden Momente, in denen sich die hohe Organisation kund thut, die mannichfaltigste morphologische Gliederung und die am weitesten durchgeführte Theilung der Arbeit, in der Pflanze von einander unabhängig seien, während sie im Thierreiche in der Regel zusammen fielen, so möchte dieser scheinbare Gegensatz in unserer zur Zeit noch unzureichenden Kenntniss von den Functionen zahlreicher morphologischer Besonderheiten der Pflanze seine Erklärung finden. Auch bei Thieren kann die gleiche Function von morphologisch verschiedenen Organen besorgt werden, und dasselbe Organ kann physiologisch mehrere Verrichtungen vollziehn. Desshalb wird man aber doch nur in Ausnahmsfällen und vornehmlich bei Organen, welche in Folge des Nichtgebrauchs eine Reduction erfahren haben, von Organen ausschliesslich morphologischen Werthes reden können und den Grund für die Existenz derselben in dem Vererbungsgesetze zu suchen haben. Schon mit Bezug auf die vermeintliche Nutzlosigkeit verschiedener Körpertheile hebt Darwin treffend hervor, dass selbst bei den höhern und am besten bekannten Thieren viele Gebilde existiren, welche so hoch entwickelt sind, dass Niemand an ihrer Bedeutung zweifelt, obwohl dieselbe überhaupt noch gar nicht oder erst ganz neuerdings ermittelt wurde. Bezüglich der Pflanzen verweist er auf die merkwürdigen Structureigenthümlichkeiten der Orchideen-Blüthen, deren Verschiedenheiten noch vor wenig Jahren für rein morphologische Merkmale gehalten wurden. Durch die eingehenden Untersuchungen Darwins [1]) ist nunmehr jedoch der Nachweis geführt worden, dass jene Besonderheiten für die Befruchtung durch Insektenhülfe von der grössten Bedeutung und wahrscheinlich durch natürliche Zuchtwahl erlangt worden sind. Ebenso weiss man jetzt, dass die verschiedene Länge der Staubfäden und Pistille, sowie deren Anordnung bei dimorphen und trimorphen Pflanzen von wesentlichem Nutzen sind. Sodann ist es nicht richtig, wenn

1) Ch. Darwin, Ueber die Einrichtungen zur Befruchtung britischer und ausländischer Orchideen durch Insecten etc., übersetzt von Bronn, Stuttgart. 1862.

Nägeli als Consequenz der Darwin'schen Lehre die Annahme ableitet, dass indifferente Merkmale variabel, die nützlichen dagegen constant sein müssten. Auch indifferente Eigenthümlichkeiten können durch die Vererbung im Laufe zahlloser Generationen so sehr befestigt sein, dass sie nahezu als absolut constant gelten dürfen, wie dies gerade für diejenigen Merkmale zutrifft, welche die systematischen Kategorieen höherer Ordnung bestimmen. Andererseits brauchen nützliche [1]) Eigenschaften durchaus nicht bereits die äusserste Grenze des Nutzens, den sie dem Organismus gewähren, erreicht zu haben; dieselben dürften vielmehr zumal unter veränderten Lebensbedingungen noch weit nützlicher werden können. Wenn daher Nägeli auf die Stellungsverhältnisse und die Zusammenordnung der Zellen und Organe hinweist, die als rein morphologische Eigenthümlichkeiten am leichtesten abändern müssten, in der That aber sowohl in der Natur als in der Cultur die constantesten und zähesten Merkmale sind, wenn er weiter hervorhebt, dass bei einer Pflanze, die gegenüberstehende Blätter und vierzählige Blüthenkreise hat, es eher gelingen würde, alle möglichen die Function betreffenden Abänderungen an den Blättern als eine spiralige Anordnung derselben hervorzubringen, so werden wir diesen Thatsachen aus den beiden oben bemerkten Gründen die von Nägeli vermeinte Bedeutung nicht beizulegen im Stande sein. Einerseits wäre es sehr voreilig, von diesen sog. »morphologischen Charakteren«, welche uns jetzt nutzlos und daher im Kampfe um das Dasein gleichgültig zu sein *scheinen*, eine absolute Werthlosigkeit auch für die Zeiten ihres Auftretens zu behaupten, andererseits würden wir im Allgemeinen zu bedeutende Anforderungen an die Grösse und Gewalt der Variabilität stellen, wenn wir von derselben Abänderungen tief befestigter und durch Vererbung zahlloser Generationen constant gewordener Merkmale, welche die Ordnung, Classe oder gar den Typus bestimmen, anders als ausnahmsweise und in ganz abnormen Fällen erwarten wollten. Die Kreuzstellung der Blätter in eine Spiralstellung zu verwandeln, würde eine ähnliche Forderung sein, als etwa den fünfstrahligen Seestern in eine bilaterale oder vierstrahlige Form umzugestalten und tief greifende typisch gewordene Verhältnisse der Architektonik in die Beweglichkeit der Variabilitätserscheinungen eintreten zu sehn.

---

1) Desshalb können auch zwei andere Gründe Nägeli's gegen das Nützlichkeitsprincip nicht zutreffend genannt werden. Der erste Grund ist der, dass unter der Voraussetzung des Nützlichkeitsprincips die veränderte Art in die frühern Verhältnisse zurückversetzt, in die ursprüngliche Form zurückfallen müsse, was factisch nicht geschieht; der andere, dass verwandte Arten unter die nämlichen, äussern Verhältnisse gebracht, in die nämliche Art übergehen müssten, da es eben für einen gewissen Kreis morphologischer und physiologischer Ausbildung und für einen Complex fremder Einflüsse nur *eine nützlichste* Form geben könne. Uns scheint weder die eine noch die andere Folgerung nothwendig. Rücksichtlich des ersten Grundes sieht man nicht ein, wesshalb nicht eine andere aus der neuen hervorgehende Variation besser als die ursprüngliche den alten Verhältnissen entsprechen sollte, da jeder Organismus unter den bestehenden Verhältnissen als einer Vervollkommnung fähig gedacht werden kann, im andern Falle aber wird man zugestehen müssen, dass eine Anpassung nach verschiedenen Richtungen gleich vortheilhafte Abänderungen zu erzeugen vermag.

Von weit grösserer Bedeutung ist ein Moment der Nägeli'schen Betrachtung, welches in der That die Unzulänglichkeit der Natural-Selection als *ausschliessliches* Erklärungsprincip darzuthun geeignet erscheint, nämlich die als Consequenz des Darwinismus abzuleitende Beschaffenheit der ursprünglichen Lebewesen. Im Anfange konnte es nur wenige Arten einfacher aus Protoplasma und Sarcode bestehender Organismen von einzelligen Protophyten und Protozoen geben. Bei der Beschränktheit der Concurrenz, bei der Gleichmässigkeit der äussern Bedingungen, auf der ganzen Erdoberfläche fehlte es an Hebeln, welche die Entstehung nützlicher Abänderungen bedingen mussten. Jedenfalls wird hiermit eine sehr dunkle und offenbar die schwierigste Frage der ganzen Descendenzlehre berührt, auf welche eine nur sehr unvollständige Antwort gegeben werden kann. Wenn wir auch keineswegs mit Nägeli darin einverstanden sein können, dass die Nützlichkeitslehre überhaupt nicht zu erklären vermöge, warum zusammengesetztere und höher organisirte Wesen sich entwickelten, so müssen wir, die grosse Uebereinstimmung und Einförmigkeit der ursprünglichen einfachen Lebewesen zugestanden, immerhin den Mangel ausreichender und geeigneter Hebel zugestehn, um die Möglichkeit für die Entwicklung der grossen Mannichfaltigkeit höher organisirter Wesen einzusehn. Mit Rücksicht auf den erstern Punkt bemerkt Darwin vollkommen zutreffend, dass schon die beständige Thätigkeit der natürlichen Zuchtwahl die Neigung zur progressiven Entwicklung bei organischen Wesen zu erklären vermöge, denn die beste Definition, welche jemals von einem hohen Massstabe der Organisation gegeben wurde, ist die, dass dies der Grad sei, bis zu welchem Theile specialisirt oder verschiedenartig geworden sind. Und die natürliche Zuchtwahl strebt diesem Ziele zu, insofern hierdurch die Theile in den Stand gesetzt werden, ihre Function wirksamer zu verrichten. Dagegen setzt die Wirkung der natürlichen Zuchtwahl, als deren Folge eine mit Arbeitstheilung verbundene Specialisirung der Organisation als für die Erhaltung vortheilhaft keineswegs ausgeschlossen ist, eine bereits vorhandene Mannichfaltigkeit im Bau und in der Lebensweise der Organismen voraus, wie sie die ausschliessliche Existenz von wenigen und sehr einfach gestalteten Arten wenn auch unendlich zahlreichen Lebewesen unter gleichförmigen äussern Naturbedingungen nicht zu bieten vermag. Hier bleibt freilich dem subjectiven Ermessen und der individuellen Anschauung ein grosser Spielraum, und es wird lediglich zur *Glaubenssache*, der natürlichen Zuchtwahl einen grösseren oder beschränkteren Einfluss einzuräumen.

Aus diesem sowie aus einem früher dargelegten Grunde möchten wir um so mehr die Unzulänglichkeit der natürlichen Zuchtwahl und der auf dieselbe gegründeten Nützlichkeitstheorie als ausschliessliches Erklärungsprincip anerkennen, als es mit ihrer Hülfe unmöglich ist, die Nothwendigkeit der bestimmten in den zahllosen mannichfaltigen Abstufungen der Organisation und Besonderheiten des Systems ausgesprochenen Richtung des grossen Entwicklungsgesetzes zu verstehen. Daher erscheinen die von Seiten ausgezeichneter Forscher angestrengten Versuche begreiflich, die offenbar vorhandene grosse Lücke durch ein anderes Erklärungsprincip auszufüllen, nur wird es leider bei näherer Betrachtung sogleich ersichtlich, dass alle bisherigen Versuche der Art einer wahren und positiven Grundlage ermangeln und weiter nichts als Umschreibungen

unerklärter Verhältnisse enthalten. Oben an steht die von Nägeli aufgestellte *Vervollkommnungstheorie*, welche die Annahme fordert, dass die individuellen Veränderungen nicht unbestimmt, nicht nach allen Seiten gleichmässig, sondern vorzugsweise und »mit bestimmter Orientirung« nach einer zusammengesetzteren vollkommeneren Organisation zielen, dass der Abänderungsprocess wie nach einem bestimmten Entwicklungsplane, wenn auch ohne übernatürliche Einwirkung, so doch durch eine dem Organismus immanente Tendenz der Vervollkommnung geleitet werde. Neben der natürlichen Züchtung, welche gewissermassen als Correktiv thätig sei und die Ausbildung der physiologischen Eigenthümlichkeiten erkläre, müsse ein Vervollkommnungsprincip vorausgesetzt werden, welches die Gestaltung der morphologischen Charaktere beeinflusse.

Man sieht jedoch alsbald ein, dass Nägeli bei vollkommen scharfer und richtiger Erkenntniss der vorhandenen Lücke, anstatt einer diese letztere beseitigenden Erklärung nichts als eine Phrase einführt, deren Aufnahme mit der Vorstellung verknüpft ist, als sei mit derselben etwas einer Erklärung Aehnliches gewonnen. In der That aber ist der Ausdruck Vervollkommnungstendenz und Vervollkommnungstheorie nichts anders als die Uebertragung der in früherer Zeit so üblichen und missbrauchten Phrase des Bildungstriebes oder nisus formativus von der individuellen Entwicklungsgeschichte auf die Phylogenie. Gleiches gilt von dem Principe der »bestimmt gerichteten Variation« oder der Entwicklung aus »inneren Ursachen«, wie wir sie in den Schriften von Askenasy[1]) und A. Braun[2]) ausgesprochen finden, von Forschern, welche über die Berechtigung der Descendenzlehre ebenso übereinstimmen, als sie mit Darwin die Formverwandtschaft der Arten auf gemeinsame Abstammung zurückführen.

Für einige Naturforscher liegt die Hauptschwierigkeit in der Vorstellung, welche für Varietät und Art eine unübersteigliche Kluft voraussetzt. Dieselben erkennen theilweise die Wirkung der natürlichen Zuchtwahl an, gestehen sogar zu, dass der Darwinismus in den klimatischen Varietäten thatsächlich erwiesen sei, berufen sich aber stets auf den Artbegriff und die durch denselben bezeichneten Grenzen der Formbeständigkeit, welche niemals überschritten würden, so weit die Beobachtung reiche. Wenn wir uns indessen an die bereits früher erörterten Schwierigkeiten für die Bestimmung des Artbegriffes erinnern und aus der faktischen Unmöglichkeit, zwischen Art und Varietät eine scharfe Grenzlinie zu ziehen, die richtige und nothwendige Schlussfolgerung ziehen, so wird dieser Einwand die vermeintliche Bedeutung verlieren. Der durch direkte Beobachtung des Uebergangs einer lebenden Art in eine zweite zu führende Beweis ist ja schon durch die Selectionstheorie selbst ausgeschlossen, so dass die Argumentation, welche aus der mangelnden direkten Beobachtung der Umwandlung diese überhaupt widerlegt zu haben glaubt, keiner weitern Zurückweisung bedarf[3]). Die empirische Begründung für die Zulässigkeit der Schluss-

---

1) Askenasy, Beiträge zur Kritik der Darwin'schen Lehre. Leipzig. 1872.

2) A. Braun, Ueber die Bedeutung der Entwicklung in der Naturgeschichte. Berlin. 1872.

3) Geht man freilich, wie z. B. Wigand, den zahlreichen Ergebnissen der neuern Forschung zum Trotz, von dem Begriffe *der vollkommen selbständigen und unveränderlichen*

folgerung von der Varietät auf die Art liegt vielmehr in dem thatsächlichen Verhältniss zwischen Arten und Varietäten, wie unter Andern Nägeli treffend erörtert hat. »Die Raçen, die auf künstlichem Wege erzogen wurden, verhalten sich ähnlich wie wirkliche Arten, sie haben einen analogen Formenkreis und eine analoge Constanz; sie zeigen bei der Bastardbildung ebenfalls eine verminderte Fruchtbarkeit und ihre Bastarde sind wie diejenigen der Arten eigenthümliche Formen, die sonst auf keine andere Weise entstehen können. Ebenso wenig lassen sich die in der Natur vorkommenden Raçen von den Arten streng und scharf unterscheiden. Das einzige absolute Merkmal für die Species, die Unveränderlichkeit, wird selbst von denen, die sie in der Theorie annehmen, in der Praxis preisgegeben, indem sie von Mittelformen, von dem Uebergange der einen Species in die andere, von ihrem Ausarten, von ächten oder typischen und von abweichenden Formen einer Art, von bessern und schlechtern Arten sprechen. Diese Ausdrucksweisen sind allerdings der Wirklichkeit vollkommen angemessen, allein sie passen nur zu der Theorie der Veränderlichkeit. Der bisherigen Systematik wurzelte der Begriff der Species in dem Gebiete des Glaubens; er war unzugänglich der wissenschaftlichen Erkenntniss und der Prüfung durch Thatsachen; er war der Spielball des individuellen Gutfindens, des Taktes, der Willkühr. Der künftigen Systematik wird er eine wissenschaftliche Kategorie sein, für die es bestimmte in der Natur zu beobachtende, durch das Experiment zu prüfende Merkmale gibt«. Hier liegt aber der Cardinalpunkt für jede Transmutationstheorie. Mögen wir uns die Art und Weise, wie die Umbildung erfolgt ist, noch so verschieden denken, mögen wir der natürlichen Züchtung einen massgebenden Einfluss oder nur die Bedeutung eines Correktivs zugestehn, oder auch ihre Wirkung überhaupt bestreiten und allgemeine Phrasen, wie Umbildung aus innern Ursachen, plötzlicher oder sprungweiser Umprägung der Formen an Stelle einer Erklärung setzen, aus alten Arten müssen sich neue gestalten, wenn wir der Descendenz oder Transmutationslehre überhaupt Berechtigung zugestehen wollen.

Wahrscheinlichkeitsbeweis zu Gunsten der Descendenzlehre aus den Ergebnissen der Morphologie.

Nennen wir die Transmutation der Art, weil wir sie nicht durch unmittelbare Beobachtung beweisen können, auch nur eine Hypothese, so besitzen wir für den Werth derselben einen Prüfstein in den Thatsachen und Erscheinungen des Naturlebens. Je besser und befriedigender sich dieselben nach der zu Grunde gelegten Hypothese erklären lassen, um so grösser wird die wissen-

Species aus und definirt man demgemäss die Species als den Formenkreis, welcher eine gemeinsame von andern Species verschiedene Abstammung hat, so hat man allerdings ein Bollwerk gegen den Darwinismus, nur dass dasselbe nicht auf den Thatsachen des Naturlebens beruht, sondern eine denselben widersprechende Glaubensäusserung ist. Mit jenem ersten Satze seines gegen Darwin gerichteten Buches überhebt uns der Autor im Grunde schon der weitern Mühe, auf den weitern Inhalt einzugehn.

schaftliche Berechtigung derselben sein, um so mehr werden wir zu ihrer Annahme gedrängt werden.

Auf diesem Wege lässt sich zunächst darthun, dass die *gesammte Wissenschaft der Morphologie* ein langer und eingehender Wahrscheinlichkeitsbeweis für die Richtigkeit der Transmutationslehre ist. Die auf Uebereinstimmung in wichtigen oder geringfügigen Merkmalen gegründeten Aehnlichkeitsabstufungen der Arten, welche man schon längst metaphorisch mit dem Ausdruck »*Verwandtschaft*« bezeichnete, haben wie bereits dargelegt wurde zur Aufstellung der systematischen Kategorien geführt, von denen die höchste, Kreis oder Typus, die Gleichheit in den allgemeinsten auf Organisation und Entwicklung bezüglichen Eigenschaften erfordert. Die Uebereinstimmung zahlreicher und mannichfaltiger Thiere in dem allgemeinen Plane der Organisation, wie z. B. der Fische, Reptilien, Vögel und Säugethiere in dem Besitze einer festen die Axe des Körpers durchsetzenden Säule, zu welcher die Centraltheile des Nervensystems rückenständig, die Organe der Ernährung und Fortpflanzung bauchständig liegen, erklärt sich sehr gut nach der Selections- und Descendenztheorie aus der Abstammung aller Wirbelthiere von einer gemeinsamen die Charaktere des Typus besitzenden Stammform, während die Vorstellung von einem Plane des Schöpfers auf eine Erklärung überhaupt Verzicht leistet. In gleicher Weise gewinnen wir ein Verständniss für die Gemeinsamkeit der Charaktere, durch welche sich die übrigen Gruppen und Untergruppen von der Classe an bis zur Gattung auszeichnen und sehen die Ursache ein, wesshalb wir im Stande sind, eine Subordination aller organischen Wesen in Abtheilungen unter Abtheilungen auszuführen, da die von einem Urahnen abstammenden und abgeänderten Nachkommen bei der fortschreitenden Divergenz der Charaktere und der beständigen Unterdrückung der minder divergenten und minder verbesserten Formen in Gruppen und Untergruppen zerfallen müssen. Wie sich aber die Bedingungen der Classification aus der gemeinsamen Abstammung ableiten lassen, so erklären sich auch die *Schwierigkeiten derselben* aus der Annahme, dass die Charaktere enger Verwandtschaft von gemeinsamen Ahnen vererbt sind, *dass die Nähe der Blutverwandtschaft und nicht ein unbekannter Schöpfungsplan das unsichtbare Band ist, welches die Organismen in verschiedenen Stufen der Aehnlichkeit verkettet*«. Die Systematiker der alten Schule, welche das Ideal eines Systemes in der scharfen Umgrenzung aller Gruppen erkannten, pflegten darüber bittere Klage zu führen, dass sie so oft mit paradoxen Zwischenformen und unbegreiflichen Uebergangsstufen von der Natur »vexirt« würden Dagegen erscheinen nach der Descendenzlehre die Mängel einer scharf gegliederten Classificirung durchaus verständlich. Unsere Theorie fordert sogar die Existenz von Uebergangsformen zwischen den Gruppen näherer und entfernterer Verwandtschaft und erklärt aus dem Erlöschen zahlreicher nicht genügend ausgerüsteter Typen im Laufe der Zeit, dass gleichwerthige Gruppen einen so sehr verschiedenen Umfang haben und oft nur durch ganz vereinzelte Formen repräsentirt sein können, dass wir zuweilen gezwungen sind, für eine einzige noch lebende Art (*Amphioxus lanceolatus*) oder Gattung (*Limulus*) eine Gruppe vom Werthe einer Ordnung oder Classe aufzustellen.

In ähnlicher Weise, wie mit den systematischen Charakteren, die auf nähere oder entferntere Verwandtschaft hinweisen, verhält es sich nun überhaupt mit all' den unzähligen Thatsachen, welche die vergleichende Anatomie (die Wissenschaft, welche als ein Theil der Morphologie die Verschiedenheiten der Organsysteme bis ins Einzelne auf Modifikationen desselben Gesetzes zurückzuführen strebt und die Abstufungen der natürlichen Gruppen begründet) zu Tage gefördert hat Betrachten wir beispielsweise die Bildung der Extremitäten oder den Bau des Gehirnes bei den Wirbelthieren, so finden wir trotz der grossen, zuweilen reihenweise sich abstufenden Verschiedenheiten eine gemeinsame Grundform, die aber in den Besonderheiten ihrer Theile, entsprechend den jedesmaligen Leistungen und Anforderungen der Lebensweise, in den einzelnen Abtheilungen auf das Mannichfaltigste modificirt und in geringerm oder höherm Masse differenzirt erscheint. Der Flosse der Wale, dem Flügel des Vogels, dem Vorderbeine des Vierfüssler und dem Arme des Menschen liegen nachweisbar dieselben Knochenstücke zu Grunde, dort verkürzt und verbreitert in unbeweglichem Zusammenhang, hier verlängert und nach Massgabe der Verwendung in verschiedener Art gegliedert, bald in vollkommener Ausbildung aller Theile, bald in dieser oder jener Weise vereinfacht und theilweise oder völlig verkümmert.

Beweismittel des Dimorphismus und Polymorphismus.

Als wichtiges Zeugniss für die umfassende Wirksamkeit der Anpassung und für den grossen Erfolg, welchen dieselbe im Laufe der Zeit zu erreichen vermag, sind die Erscheinungen des Dimorphismus und Polymorphismus innerhalb der Formenreihe der gleichen Species hervorzuheben. Im engern Kreis der Arbeiten und Verrichtungen, welche die einzelne Thierart im Naturhaushalt ausführt, verhalten sich keineswegs sämmtliche Individuen untereinander gleich. Vielmehr verrichten häufig einzelne Individuen besondere der Arterhaltung förderliche Leistungen in hervorragendem Masse und zeigen dem entsprechend eigenthümliche Abweichungen in Gestalt und Organisation. Sehr allgemein treten derartige Formunterschiede im Zusammenhange mit der Arbeitstheilung, welche die Funktionen der ursprünglich hermaphroditisch angelegten Geschlechtsorgane betroffen hat, bei den getrennt geschlechtlichen Thieren auf. Männchen und Weibchen weichen nicht nur darin ab, dass diese Eier, jene Samen erzeugen, sondern zeigen im Zusammenhang in den verschiedenen Leistungen, welche an Eier- oder Samenproduction anknüpfen, noch mannichfache sog. secundäre Geschlechtscharaktere, deren Existenz mit Hülfe der natürlichen Zuchtwahl eine überaus ansprechende Erklärung findet. Wir können daher in gewissem Sinne von einer geschlechtlichen Zuchtwahl reden, durch welche zum Vortheil der Arterhaltung die beiden Geschlechtsformen im Laufe der Zeit allmählig, sowohl in Besonderheiten der Organisation und Gestalt, als in den Lebensgewohnheiten von einander entfernt wurden. Da das männliche Geschlecht ziemlich allgemein behufs der Begattung und Befruchtung mehr active Leistungen zu besorgen hat, finden wir begreiflich, dass die Männchen den noch geschlechtlich

indifferenten Jugendformen gegenüber viel bedeutender umgestaltet sind als die Weibchen, welche das Material zur Bildung und Ernährung der Jungen erzeugen und die Brutpflege übernehmen. In dem Kampfe zwischen den Männchen um den Besitz der Weibchen werden die am meisten durch die Organisation (Stärke, besonders Waffen zum Festhalten, Stimmproduktion, Schönheit) bevorzugten Individuen siegreich sein, von den Weibchen aber werden im Allgemeinen diejenigen ihre Aufgabe am besten erfüllen, welche die für das Gedeihen der Nachkommenschaft besonders günstigen Eigenschaften besitzen. Indessen können auch auf mehr passivem Wege Verschiedenheiten in der Zeitdauer der Entwicklung, in der Art des Wachsthums und der Formgestaltung etc. unter den besondern Lebensverhältnissen der Art Nutzen bringen. Die secundären *Sexualcharaktere* können sich zuweilen in dem Masse steigern, dass sie zu wesentlichen und tiefgreifenden Modifikationen des Organismus, zu einem wahren Dimorphismus des Geschlechtes führen (Darmlose Männchen der *Rotiferen*, Zwergmännchen von *Bonellia*, *Trichosomum crassicauda*).

Besonders interessant und bedeutungsvoll ist die Thatsache, dass gerade bei Parasiten der Dimorphismus des Geschlechtes das höchste Extrem erreicht, offenbar im Zusammenhang mit der schmarotzenden Lebensweise und der durch dieselben bedingten, auf beide Geschlechter verschieden einwirkenden Züchtung. Bei vielen parasitischen Krebsen (*Siphonostomen*) werden solche Extreme von unförmig grossen, der Sinnes- und Bewegungsorgane, ja der Gliederung des Leibes verlustig gegangenen Weibchen mit winzig kleinen Zwergmännchen fast continuirlich durch zahlreiche Zwischenstufen vermittelt, und es liegen die Beziehungen geradezu auf der Hand, welche als Ursache des Sexualdimorphismus gewirkt haben. Der Einfluss günstiger Ernährungsbedingungen, wie sie durch den Parasitismus herbeigeführt werden, setzt die Nothwendigkeit der raschen und häufigen Ortsveränderung herab, erhöht im weiblichen Geschlecht die Produktivität an Zeugungsmaterial und gestaltet die Körperform selbst in der Weise um, dass die Fähigkeit der Locomotion in verschiedenen Stufen herabsinkt und die Organe der Bewegung bis zum völligen Schwunde verkümmern. Der gesammte Körper gewinnt durch die enorm vergrösserten mit Eiern erfüllten Ovarien eine plumpe unförmige Gestalt, bildet Auswüchse und Fortsätze, in welche die Ovarien einwuchern, oder wird unsymmetrisch sackförmig aufgetrieben, verliert die Gliederung und hiermit die Verschiebbarkeit der Segmente und erfährt eine Rückbildung der Gliedmassen; der schlanke biegsame Hinterleib, welcher beim freien Umherschwimmen die Ortsbewegung wesentlich unterstützt, reducirt sich mehr und mehr zu einem kurzen ungegliederten Stummel; das Aussehn solcher Parasiten wird ein so fremdartiges, dass es begreiflich wird, wie man früher eine dieser abnormen Formengruppe, die *Lernaeen*, zu den Eingeweidewürmern, beziehungsweise zu den Mollusken stellen konnte.

Aber auch in die Gestaltung des männlichen Thieres greift der Parasitismus, wenngleich nach einer andern Richtung [1]), mächtig ein. Je mehr das weibliche Geschlechtsthier hinter dem Typus seiner wohlgebauten freilebenden Verwandten

1) Vergl. C. Claus, Die freilebenden Copepoden. 1863. pag. 7 und 8.

zurückbleibt, um so weiter entfernen sich beide Geschlechter morphologisch von einander, da auch beim Männchen der Einfluss veränderter Lebensbedingungen auf die Form und Organisation umgestaltend einwirkt. Im männlichen Geschlecht setzt jedoch die günstigere und reichere Ernährung keineswegs so unmittelbar das Bedürfniss der Ortsbewegung und die Ausbildung der Bewegungsorgane herab, denn dem Männchen bleibt nach wie vor die Aufgabe activer Geschlechtsthätigkeiten und vor allem die Aufsuchung des Weibchens zur Begattung. Selbst bei einer reducirten und schwerfälligen Locomotion führt hier der Parasitismus weder zur völligen Aufhebung der Gliederung, noch zu jenem unförmigen oder unsymmetrischen Wachsthum, wie wir ein solches bei zahlreichen weiblichen Schmarotzerkrebsen beobachten. Die Quantität der zu producirenden Zeugungsstoffe, welche im Geschlechtsleben des Weibchens zur Arterhaltung grossen Vortheil bringt und desshalb die Entstehung des unförmig, grossen, plumpen Leibes begünstigen musste, tritt für die Sexualthätigkeit des Männchens um so mehr in den Hintergrund, als eine minimale Menge von Sperma zur Befruchtung bedeutender Quantitäten von Eimaterial ausreicht. In diesem Zusammenhange kann die extreme Stufe des Parasitismus im männlichen Geschlecht auch bei beschränkter mehr kriechender Locomotion nicht zu einer ungegliederten bizarren Form des mächtig vergrösserten Leibes führen, sondern erzeugt umgekehrt die symmetrisch gebaute Zwerggestalt des Pygmäenmännchens. Diese aber wird selbst durch zahlreiche Zwischenstufen vermittelt. So finden wir unter den *Lernaeopoden* die Männchen von *Achtheres* der Grösse nach relativ wenig reducirt, während die echten Zwergmännchen von *Lernaeopoda*, *Anchorella* auch der *Chondracanthiden* winzige Parasiten gleich an dem Hinterleibsende des im Verhältniss riesengrossen Weibchens anhaften. Die Bereitung einer beträchtlichen Menge von Sperma, die eine bedeutende Körpergrösse voraussetzt, würde hier als eine nutzlose Verschwendung von Material und Zeit im Leben der Art erscheinen und müsste schon durch den Regulator der natürlichen Züchtung beseitigt werden.

Neben dem Dimorphismus der Geschlechtsthiere tritt in sehr verschiedenen Thiergruppen, am schärfsten ausgeprägt bei den Insecten, welche in grossen Gesellschaften, sogenannten Thierstaaten zusammenleben, eine dritte, zuweilen selbst wieder in mehrere differente Formenreihen gesonderte Individuengruppe auf, welche sich bei verkümmerten Geschlechtsorganen nicht fortzupflanzen vermag, dagegen in dem gemeinsamen Stocke die Arbeiten der Nahrungsbeschaffung, Vertheidigung und Brutpflege übernimmt und diesen Thätigkeiten angepasste Besonderheit in Körperbau und Organisation zur Erscheinung bringt. Diese »sterilen Individuen« sind in den Hymenopterenstöcken verkümmerte Weibchen, die sich wiederum bei den Ameisen in Arbeiter und Soldaten gliedern, in den Stöcken der Termiten dagegen durch Reduction der Geschlechtsorgane aus Weibchen und Männchen hervorgegangen. Uebrigens kommen sterile Individuen auch bei Thierarten (Fischen) vor, welche nicht in sog. Thierstaaten zusammenleben und sind in früherer Zeit auch für besondere Arten gehalten und als solche beschrieben worden. Am mannichfaltigsten aber erscheint der Polymorphismus an den zu Thierstöcken vereinigten Hydroiden, den *Siphonophoren*, ausgebildet.

Unter den gleichen Gesichtspunkt würden die zahlreichen Fälle von Dimorphismus und Polymorphismus innerhalb des männlichen oder weiblichen Geschlechts derselben Art zu subsummiren sein. Dimorphe Weibchen wurden beispielweise bei Insekten beobachtet, z. B. bei malayischen Papilioniden (*P. Memnon, Pammon, Ormenus*), bei einigen *Hydroporus* und *Dytiscus*arten, sowie bei der *Neuropteren*gattung *Neurotemis*. In der Regel bietet hier die eine weibliche Form eine nähere Beziehung in Gestalt und Farbe zu dem männlichen Thiere, dessen Eigenthümlichkeit sie angenommen hat. In andern Fällen freilich haben die Verschiedenheiten mehr Beziehung zu Klima und Jahreszeit (Saisondimorphismus der Schmetterlinge) und betreffen auch die männlichen Thiere, oder sie stehen im Zusammenhang mit der verschiedenen Form der Fortpflanzung (Parthenogenese) und führen zu den Erscheinungen der *Heterogonie* (*Chermes, Phylloxera, Aphis*). Viel seltener treten zwei verschiedene Formen von Männchen mit ungleicher Gestaltung der zur Begattung bezüglichen secundären Sexualcharaktere auf, wie die durch Fritz Müller bekannt gewordenen »Riecher« und »Packer« einer Scheerenassel (*Tanais dubius*).

Endlich kommen auch bereits im Larvenleben Fälle von Dimorphismus vor, wie z. B. bei Schmetterlingsraupen und Puppen, zum Beweise, dass in allen Zuständen des Lebens die Anpassung verändernd und umgestaltend auf den Organismus einwirkt.

Beweismittel der sog. Mimicry.

Eine andere Reihe von Erscheinungen, welche wahrscheinlich auch auf nützliche Anpassung zurückzuführen ist, betrifft die sog. Nachäffung oder *Mimicry*. Dieselbe beruht darauf, dass gewisse Thierformen andere sehr verbreitete und durch irgend welche Eigenthümlichkeiten vortheilhaft geschützte Arten in Form und Färbung zum Verwechseln ähnlich sehen, als wenn sie dieselben copirt hätten. Es schliessen sich die Fälle von Mimicry, die vornehmlich durch Bates und Wallace bekannt geworden sind, an die so verbreitete und bereits oben erwähnte schützende Aehnlichkeit, das heisst Uebereinstimmung vieler Thiere in Färbung und Körperform mit Gegenständen der äussern Umgebung, unmittelbar an. So z. B. wiederholen unter den Schmetterlingen gewisse *Leptaliden* bestimmte Arten der Gattung *Heliconius*, welche durch einen gelben unangenehm riechenden Saft vor der Nachstellung von Vögeln und Eidechsen geschützt zu sein scheinen, in der äussern Erscheinung und in der Art des Fluges und theilen mit den nachgeahmten Arten Aufenthalt und Standort. Die vollständige Parallele finden wir in den Tropen der alten Welt, wo die *Danaiden* und *Acraciden* von Papilioniden copirt werden (*Danais niavius, Papilio hippocoon — Danais echeria, Papilio cenea — Acraea gea, Panopaea hirce*). Sehr häufig sind ferner Fälle von Mimicry zwischen Insekten verschiedener Ordnungen. Schmetterlinge wiederholen die Form von Hymenopteren, welche durch den Besitz des Stachels geschützt sind (*Sesia bombyliformis* -- *Bombus hortorum* etc.), ebenso gleichen gewisse Bockkäfer, Bienen und Wespenarten (*Charis melipona, Odontocera odyneroides*), die Orthopteren-

gattung *Condylodera tricondyloides* von den Philippinen einer Cicindelagattung (*Tricondyla*). Zahlreiche Dipteren zeigen Form und Färbung von stechenden Sphegiden und Wespen. Auch bei Wirbelthieren (Schlangen und Vögeln) sind einzelne Beispiele von Mimicry bekannt geworden.

Beweismittel der rudimentären Organe.

Auch das so verbreitete Vorkommen *rudimentärer* Organe, welches der Schöpfungslehre räthselhaft bleibt, erklärt sich nach der Selectionstheorie in befriedigender Weise aus dem Nichtgebrauch. Durch Anpassung an besondere Lebensbedingungen sind die früher arbeitenden Organe ganz allmählich oder auch wohl plötzlich ausser Function gesetzt und in Folge der mangelnden Uebung im Laufe der Generationen immer schwächer geworden bis zur totalen Verkümmerung und Rückbildung (Parasiten). Dass die rudimentären Organe im Haushalte des Organismus überhaupt nutzlos [1]) wären, lässt sich durchaus nicht für alle Fälle behaupten, im Gegentheil haben dieselben oft eine andere wenn auch schwierig nachweisbare Nebenfunction (der primären Function gegenüber) für den Organismus gewonnen.

So treffen wir z. B. bei einigen Schlangen (Riesenschlangen) zu den Seiten des Afters kleine mit je einer Klaue versehene Hervorragungen, *Afterklauen*, an. Dieselben entsprechen abortiv gewordenen Extremitätenstummeln und dienen nicht etwa wie die Hinterbeine zur Unterstützung der Locomotion, sondern sind wenigstens im männlichen Geschlecht Hülfswerkzeuge der Begattung. Die Blindschleichen besitzen trotz des Mangels von Vorderbeinen ein rudimentäres Schultergerüst und Brustbein vielleicht im Zusammenhang mit dem Schutzbedürfniss des Herzens oder eines Nutzens bei der Respiration. Wenn wir sehen, dass sich im Foetus vieler Wiederkäuer obere Schneidezähne entwickeln, die jedoch niemals zum Durchbruch gelangen, dass die Embryonen der Bartenwale in ihrem Kiefer Zahnrudimente besitzen, die sie bald verlieren und nie zum Zerkleinern der Nahrung gebrauchen, so liegt es weit näher, diesen Gebilden eine Bedeutung für das Wachsthum der Kiefer zuzuschreiben, als sie für durch-

---

1) Oft erscheinen uns auf den ersten Blick Organstummel unnütz, während wir bei näherer Betrachtung ihren Nutzen einsehen oder wenigstens wahrscheinlich machen können, wie bei den Afterklauen der Riesenschlangen, dem Brustbeinrudiment der Blindschleiche, den Zahnrudimenten im Embryonalleben der Wiederkäuer und Wale. In andern Fällen sehen wir den Nutzen rudimentärer Theile nicht ein, wie z. B. bei dem unter der Haut verborgenen Augenrudiment der Höhlenbewohner und sind desshalb geneigt, das Vorhandensein derselben schlechthin für unzweckmässig zu erklären, vergessen dann aber ganz, abgesehen von der Unvollkommenheit unserer Einsicht in die verwickelten Verhältnisse der Organbeziehungen, dass in der natürlichen Züchtung neben der Anpassung auch die *Vererbung* eine Rolle spielt und die völlige Beseitigung gewisser Charaktere sehr schwierig, unter Umständen vielleicht unmöglich macht. Wir müssen daher in solchen Fällen folgerichtig in der Thatsache der Rückbildung und Verkümmerung die Zweckmässigkeit erkennen und dürfen nicht etwa in dem Vorhandensein des Restes eine Unzweckmässigkeit suchen, selbst wenn derselbe in seltenen Ausnahmsfällen (Processus vermiformis) dem Organismus geradezu verderblich werden könnte (*Dysteleologie!*)

aus nutzlos zu halten. Die Flügelrudimente des Pinguins werden als Ruder verwendet, die der Strausse zur Unterstützung des Laufes und wohl als Waffen zur Vertheidigung, die Flügelstummel des Kiwis dagegen scheinen uns bedeutungslos. In anderen Fällen sind wir nicht im Stande, irgend welche Function und Bedeutung im rudimentären Organe nachzuweisen. So z. B. sehen wir den Nutzen nicht ein, welchen von der Haut bedeckte Augenrudimente unterirdisch lebenden Thieren gewähren, da sie niemals sehen können, wenngleich hier wie in andern ähnlichen Fällen die Anschauung nahe liegt, dass die Erhaltung des wenn auch noch so sehr reducirten Organes unter veränderten Lebensverhältnissen für neue Anpassungen bedeutungsvoll werden kann. Gleiches gilt von den Zitzen der männlichen Brust, von den Muskeln des menschlichen Ohres u. a. m. Uebrigens wird man, da der Nutzen der Eigenschaften von dem Princip der natürlichen Züchtung gefordert wird, diesen schon in der Reduction des nicht gebrauchten Organs erkennen und auf die *Erscheinungen der Vererbung*, des conservativen Faktors der natürlichen Züchtung als *Hinderniss* für die *völlige* Beseitigung des Ueberrestes hinzuweisen berechtigt sein.

Beweismittel der Entwicklungsgeschichte.

Auch die Resultate der *Entwicklungsgeschichte* d. h. der *individuellen* Entwicklung vom Ei bis zur ausgebildeten Form, in welcher die moderne Forschung schon seit Jahrzehnten den Schlüssel zum Verständniss der Systematik und vergleichenden Anatomie zu suchen gewohnt ist, stimmen durchaus zu den Voraussetzungen und Schlüssen der Darwin'schen *Selections-* und *Descendenzlehre.*

Schon die Thatsache, dass die zu einem Typus gehörigen Thiere in der Regel sehr ähnliche, aus derselben Anlage hervorgegangene Embryonen haben, und dass der Verlauf der Entwicklungsvorgänge überhaupt — von einigen bemerkenswerthen Ausnahmen abgesehen — eine um so grössere Uebereinstimmung zeigt, je näher die systematische Verwandtschaft der ausgebildeten Formen ist, unterstützt die Annahme gemeinsamer Abstammung und die Voraussetzungen verschiedener Abstufungen der Blutsverwandtschaft in hohem Grade. Sind in der That die engern und weitern Kreise, welche systematischen Gruppen entsprechen, genetisch auf nähere und entferntere Grundformen zu beziehen, so wird auch die Geschichte der individuellen Entwicklung um so mehr gemeinsame Züge enthalten, je näher sich die Formen der Abstammung nach stehen. Freilich gibt es einzelne bemerkenswerthe Ausnahmen von diesem im Allgemeinen gültigen Gesetze, aber auch diese werden bei näherer Betrachtung zu mächtigen Stützen der Darwin'schen Lehre.

Wir haben nicht selten die Thatsache zu constatiren, dass die nächsten Verwandten in ihrer individuellen Entwicklung einen differenten Gang nehmen, indem sich die einen mittelst Metamorphose oder gar Generationswechsel, die andern in directer Continuität ohne provisorische Larvenstadien ausbilden und beiden Entwicklungsweisen nicht unbeträchtliche Abweichungen der Embryonalbildung parallel gehn(Verschiedene Quallengattungen. — Distomeen, Polystomeen.

— Süsswasserkrebse, Marine Decapoden etc.). Indessen haben wir schon früher solche Abweichungen zu erklären versucht und die directe Entwicklung als secundäre, aus der Metamorphose hervorgegangene Form abgeleitet.

Andererseits finden wir oft, dass bedeutender abweichende und unter sehr verschiedenen Existenzbedingungen stehende Thiere in ihrer postembryonalen Entwicklung bis zu einer frühern oder spätern Zeit ausserordentlich übereinstimmen (Frei lebende Copepoden, Schmarotzerkrebse, Cirripedien). Diese können aber wiederum, wofür dasselbe Beispiel Geltung hat, in der Bildungsweise des Fötus innerhalb der Eihüllen differiren, indem bei den einen der Embryonalleib in allseitiger Begrenzung, bei den andern von einseitig angelegtem Primitivstreifen aus seine Entstehung nimmt. Auch diese Fälle aber erklären sich aus den im Einzelnen abzuleitenden Erscheinungen der Anpassung, die nicht nur in dem Stadium der geschlechtsreifen Form, sondern in jeder Entwicklungsperiode des Lebens ihren Einfluss ausübt und Veränderungen bewirkt, die sich in correspondirenden Altersstufen vererben.

Die Erscheinungen der Metamorphose liefern zahlreiche Belege für die Thatsache, dass die Anpassungen der Jugendformen an ihre Lebensbedingungen ebenso vollkommen als die des reifen Thieres sind; durch dieselben wird es sehr wohl verständlich, wesshalb zuweilen Larven mancher zu verschiedenen Ordnungen gehörigen Insecten unter einander eine grosse Aehnlichkeit haben, die Larven von Insecten derselben Ordnung dagegen einander unähnlich sein können. Wenn sich im Allgemeinen in der Entwicklung des Individuums ein Fortschritt von einfacherer und niederer zu complicirterer, durch fortgesetzte Arbeitstheilung vollkommenerer Organisation ausspricht — und wir werden zu diesem Vervollkommnungsgesetz der individuellen Entwicklung in dem grossen Gesetz fortschreitender Vervollkommnung für die Entwicklung der Gruppen eine Parallele kennen lernen — so kann doch in besondern Fällen der Entwicklungsgang zu mannichfachen Rückschritten führen, sodass wir das reife Thier für tiefer stehend und niederer organisirt erklären als die Larve. Auch diese als »*regressive Metamorphose*« bekannte Erscheinung, wie wir sie in schönen Beispielen bei den *Cirripedien* und *parasitischen Crustaceen* beobachten, stimmt zu den Anforderungen der Züchtungslehre vortrefflich, da auch die Rückbildung und selbst der Verlust von Theilen unter vereinfachten Lebensbedingungen bei erleichtertem Nahrungserwerb (Parasitismus) für den Organismus von Vortheil sein kann. So führt uns auch die Entwicklungsgeschichte des Individuums zu den rudimentären Organen zurück, deren Auftreten bereits vorher durch die Würdigung anatomischer Unterschiede verwandter Artengruppen in ähnlicher Motivirung beleuchtet worden war.

Noch eine andere Betrachtungsweise ist geeignet, die Thatsachen der Entwicklungsgeschichte als Beweisgründe für die Descendenzlehre ins rechte Licht zu setzen. An zahlreichen Beispielen lässt sich der Nachweis führen, dass sich in den auf einander folgenden Entwicklungsphasen des Fötallebens Züge sowohl der einfachern und tieferstehenden als der vollkommener organisirten Gruppen desselben Typus wiederspiegeln. In den Fällen einer complicirten freien Entwicklung mittelst Metamorphose, deren Auftreten in der Regel mit einer ausserordentlichen Vereinfachung der fötalen Entwicklung innerhalb der Eihüllen

verknüpft ist, wird die Beziehung aufeinander folgender Larvenstadien zu den verwandten engeren Formkreisen des Systemes, zu den verschiedenen Gattungen, Familien und Ordnungen directer und zutreffender. Beispielweise wiederholen gewisse frühe Embryonalstadien der Säugethiere Bildungen, die zeitlebens bei niedern Fischen fortdauern, spätere Zustände zeigen Eigenthümlichkeiten, welche persistenten Einrichtungen der Amphibien entsprechen. Die Metamorphose des Frosches beginnt mit einem Stadium, welches in Form, Organisation und Bewegungsweise an den Fischtypus anschliesst und führt durch zahlreiche Larvenphasen hindurch, in welchen sich die Charactere der anderen Amphibienordnungen (Perennibranchiaten, Salamandrinen) und einzelner Familien und Gattungen derselben wiederholen.

Das Gleiche gilt in noch höherem Masse für die Metamorphose der *Crustaceen* [1]) im Allgemeinen und die der *Copepoden* im Besondern (*Nauplius*, *Zoëa*). Dazu kommt, dass bei den Schmarotzerkrebsen, im Zusammenhange mit dem rückbildenden Einfluss des Parasitismus, die morphologische Körpergestaltung wiederum auf frühere Entwicklungsstufen zurückverlegt worden ist. Fast allgemein werden bei diesen Parasiten die letzten Entwicklungsphasen der freilebenden Verwandten überhaupt nicht mehr durchlaufen, sodass sowohl die Gliederung des Abdomens als die der Ruderäste unvollzählig bleibt. In anderen Fällen scheint die Reife der Geschlechtsorgane und hiermit die morphologische Ausbildung des Leibes in jüngere Stadien zurückverlegt, so bei *Lernanthropus*, deren hintere Beinpaare als ungegliederte Schläuche hervortreten, und noch weiter in das Stadium der ersten Cyclopsform bei *Clavella* und den *Chondracanthiden,* bei denen nicht einmal mehr die Segmente des Mittelleibes vollständig entwickelt und nur noch die beiden vordern Gliedmassenpaare, als Schläuche zur Vergrösserung des Leibesraums rückgebildet, zurückbleiben, während bei den *Lernaeopodiden* auch diese ganz abgeworfen werden. Sehr allgemein erscheinen bei den Schmarotzerkrebsen auch noch die frühesten Larvenstadien (der sog. Naupliusreihe) innerhalb der Eihüllen zusammengezogen, so dass die Metamorphose nach beiden Seiten hin eine ausserordentliche Vereinfachung und Reduction erfährt.

Die unbestreitbare Aehnlichkeit aber zwischen aufeinanderfolgenden Stadien in der Entwicklungsgeschichte des Individuums und zwischen den verwandten Gruppen des Systemes berechtigt uns eine Parallele zu constatiren zwischen jener und der Entwicklung der Arten, welche freilich in den Beziehungen der systematischen Gruppen einen höchst unvollkommenen Ausdruck findet und erst aus der Urgeschichte, für die uns die Paläontologie nur dürftiges Material liefert, erschlossen werden kann. Diese Parallele, die natürlich im Einzelnen gar mancherlei grössere und geringere Abweichungen zeigt, erklärt sich aus der Descendenzlehre, nach welcher, wie dies von Fr. Müller [2]) so trefflich erörtert wurde, *die Entwicklungsgeschichte des Individuums als eine kurze und vereinfachte Wiederholung, gewissermassen als eine Recapitulation des*

1) C. Claus, Untersuchungen zur Erforschung der genealogischen Grundlage des Crustaceensystems. Wien. 1876.

2) Fr. Müller, Für Darwin. Leipzig. 1864.

Entwicklungsganges der Arten erscheint. Die in der Entwicklungsgeschichte des Individuums erhaltene geschichtliche Urkunde muss oft wegen der mannichfachen Anpassungen während des jugendlichen, beziehungsweise des Larvenlebens mehr oder minder verwischt und undeutlich werden. Ueberall da, wo die besondern Bedingungen im Kampfe um die Existenz eine Vereinfachung als nützlich erfordern, wird die Entwicklung einen immer geradern Weg vom Ei zum fertigen Thiere einschlagen und in eine frühere Lebenszeit, schliesslich ins Eileben zurückgedrängt werden, bis durch den gänzlichen Ausfall der Metamorphose die geschichtliche Urkunde völlig unterdrückt ist. Dagegen wird sich in den Fällen mit allmählig vorschreitender Verwandlung, mit stufenweise sich verändernden und unter [1]) ähnlichen oder gleichen Existenzbedingungen lebenden Jugendzuständen die Urgeschichte der Art minder unvollständig [2]) in der des Individuums wiederspiegeln.

Wahrscheinlichkeitsbeweis gestützt auf die Erscheinungen der geographischen Verbreitung.

Gegenüber den Thatsachen der Morphologie ergeben sich aus der Betrachtung der *geographischen Verbreitung* für unsere Theorie grosse Schwierigkeiten, vornehmlich weil die Erscheinungen äusserst verwickelt und unsere Erfahrungen noch viel zu beschränkt sind, um die Aufstellung durchgreifender allgemeiner Gesetze möglich zu machen. Wir sind noch weit davon entfernt, uns ein nur annähernd vollständiges Bild von der Vertheilung der Thiere über die Erdoberfläche entwerfen zu können und müssen vor Allem unsere Unwissenheit über alle Folgen der klimatischen und Niveauveränderungen, welche die verschiedenen Ländergebiete in der jüngsten Zeit erfahren haben, ebenso unsere Unkenntniss der zahlreichen und ausgedehnten, durch die mannichfachsten Transportmittel unterstützten Wanderungen von Thieren und Pflanzen eingestehn. Offenbar ist die gegenwärtige Vertheilung von Thieren und Pflanzen über die Erdoberfläche das combinirte Resultat von der einstmaligen Verbreitung ihrer Vorfahren und der seitdem eingetretenen geologischen Umgestaltungen der Erdoberfläche, der mannichfachen Verschiebungen von Wasser und Land, welche auf die Fauna und Flora nicht ohne Einwirkung bleiben konnten. Demnach erscheint die Thier- und Pflanzengeographie [3]) zunächst mit dem

---

1) Bei Larvenzuständen, die unter ganz besonderen und sehr abweichenden Lebensbedingungen stehen, liegt die Annahme einer erst secundär erworbenen Anpassung nahe. Vgl. z. B. die Metamorphose von *Sitaris* und zahlreicher anderer Insekten, sodann die Larvenform der Decapoden, wie *Zoëa*.

2) Vergl. die Entwicklung von *Peneus*, welche als überaus wichtiges Zeugniss für die Wahrheit dieser Anschauung in erster Linie hervorgehoben zu werden verdient.

3) A. R. Wallace, Die geographische Verbreitung der Thiere, übersetzt von A. B. Meyer. Tom. I u. II. 1876. P. L. Sclater, Ueber den gegenwärtigen Stand unserer Kenntniss der geographischen Zoologie. Erlangen. 1876.

Theile der Geologie, welcher die jüngsten Vorgänge der Gestaltung der Erdrinde und ihre Einschlüsse zum Gegenstande hat, innig verkettet; sie kann sich daher nicht darauf beschränken, die Verbreitungsbezirke der jetzt lebenden Thier- und Pflanzenformen festzustellen, sondern muss auf die Ausbreitung der in den jüngsten Formationen eingeschlossenen Ueberreste, der nächsten Verwandten und Vorfahren der gegenwärtigen Lebewelt Rücksicht nehmen, um an der Hand entwicklungsgeschichtlicher Vorgänge Erklärungsgründe für die erkannten Thatsachen zu finden. Obwohl in diesem Sinne die Wissenschaft der Thiergeographie noch am Anfange steht, sind doch zahlreiche und wichtige Erscheinungen der geographischen Verbreitung nach der Transmutationstheorie unter der Voraussetzung eingetretener Wanderungen und allmähliger durch Zuchtwahl geleiteter Abänderungen gut zu erklären.

Zunächst fällt die Thatsache schwer ins Gewicht, dass weder Aehnlichkeit noch Unähnlichkeit der Bewohner verschiedener Gegenden ausschliesslich aus klimatischen und physikalischen Verhältnissen erklärlich ist. Sehr nahe stehende Thier- und Pflanzenarten treten oft unter höchst verschiedenen äussern Naturbedingungen auf, während unter gleichen oder sehr ähnlichen Verhältnissen des Klima's und der Bodenbeschaffenheit eine ganz heterogene Bevölkerung leben kann. Dahingegen steht die Grösse der Verschiedenheit mit dem Grade der räumlichen Abgrenzung, mit den Schranken und Hindernissen, welche freier Wanderung entgegen treten, in engem Zusammenhange. Die alte und neue Welt, mit Ausschluss des nördlichsten polaren Gebietes vollkommen getrennt, haben eine zum Theil sehr verschiedene Fauna und Flora, obwohl in beiden rücksichtlich der klimatischen und physikalischen Lebensbedingungen unzählige Parallele bestehen, welche das Gedeihen der nämlichen Art in gleicher Weise fördern würden. Vergleichen wir insbesondere die Länderstrecken von Südamerika mit entsprechend gelegenen Gegenden gleichen Klimas von Südafrika und Australien, so treffen wir drei bedeutend abweichende Faunen und Floren, während die Naturprodukte in Südamerika unter verschiedenen Breiten und ganz abweichenden klimatischen Bedingungen nahe verwandt erscheinen. Hier wechseln im Süden und Norden Organismengruppen, die zwar der Art nach verschieden, aber doch den gleichen oder nahe verwandten Gattungen mit dem eigenthümlichen eben für Südamerika characteristischen Gepräge angehören. »Die Ebenen der Magellanstrasse, sagt Darwin, sind von einem Nandu (*Rhea Americana*) bewohnt, und im Norden der Laplata-Ebene wohnt eine andere Art derselben Gattung, doch kein echter Strauss (*Struthio*) oder Emu (*Dromaius*), welche in Afrika und beziehungsweise in Neuholland unter gleichen Breiten vorkommen. In denselben Laplata-Ebenen finden sich das Aguti (*Dasyprocta*) und die Viscache (*Lagostomus*), zwei Nagethiere von der Lebensweise unserer Hasen und Kaninchen und mit ihnen in die gleiche Ordnung gehörig, aber einen rein amerikanischen Organisationstypus bildend. Steigen wir zu dem Hochgebirge der Cordilleren heran, so treffen wir die Berg-Viscache (*Lagidium*); sehen wir uns am Wasser um, so finden wir zwei andere Südamerikanische Typen, den Coypu (*Myopotamus*) und Capybara (*Hydrochoerus*) statt des Bibers und der Bisamratte«.

Die grossen Verbreitungsgebiete der Thiere.

Nach dem allgemeinen Gepräge ihrer Land- und Süsswasserbewohner kann man die Erdoberfläche in 6 bis 8 Regionen eintheilen, die freilich desshalb nur einen relativen Ausdruck für natürliche grosse Verbreitungsbezirke zu geben im Stande sind, weil sie sich nicht auf alle Thiergruppen in gleicher Weise anwenden lassen und dann unmöglich in gleichem Grade und nach denselben Richtungen differiren. Auch muss es intermediäre Gebiete geben, welche Eigenschaften der benachbarten Regionen mit einzelnen Besonderheiten combiniren, und eventuell als selbständige Regionen in Frage kommen.

Das Verdienst, eine natürliche Aufstellung der grossen Verbreitungsgebiete mit engern Abtheilungen begründet zu haben, gebührt Sclater, welcher auf die Verbreitung der Vögel gestützt freilich nur sechs Regionen unterschied, Regionen, durch deren Barrièren so ziemlich auch die Verbreitung der Säugethier- und Reptilienfauna begrenzt wird.

1. Die *paläarktische* Region: Europa, das gemässigte Asien und Nordafrika bis zum Atlas.

2. Die *nearktische* Region: Grönland und Nord-Amerika bis Nord-Mexico.

3. Die *äthiopische* Region: Afrika südlich vom Atlas, Madagascar und die Mascarenen mit Süd-Arabien.

4. Die *indische* Region: Indien südlich vom Himalaya bis Süd-China und bis Borneo und Java.

5. Die *australische* Region: Celébes und Lombok, nach Osten bis Australien und die Südseeinseln.

6. Die *neotropische* Region: Süd-Amerika, die Antillen und Süd-Mexico.

Andere Forscher (Huxley) haben später darauf hingewiesen, dass die vier ersten Regionen miteinander eine weit grössere Aehnlichkeit haben, als irgend eine derselben mit der von Australien oder Südamerika, dass ferner Neuseeland durch die Eigenthümlichkeiten seiner Fauna berechtigt sei, als selbständige Region neben den beiden letztern unterschieden zu werden und dass endlich eine Circumpolarprovinz [1]) von gleichem Rang als die paläarktische und nearktische anerkannt zu werden verdiene.

Wallace spricht sich gegen die Aufstellung sowohl einer *Neuseeländischen* als einer *circumpolaren* Region aus und adoptirt aus practischen Gründen die 6 Sclaterschen Regionen, mit dem Zugeständniss, dass dieselben nicht von gleichem Range sind, indem die südamerikanische und australische viel isolirter stehen.

---

1) Dagegen unterscheidet Andrew Murray in seinem Werke über die geographische Verbreitung der Säugethiere 1866 nur 4 Regionen, die paläarktische, die indo-afrikanische, die australische und die amerikanische Region, während Rütimeyer neben den sechs Sclaterschen Provinzen die *circumpolare* anerkennt und eine mediterrane oder Mittelmeerprovinz hinzufügt. Endlich hat J. A. Allen (Bulletin der of the Museum of comparative Zoologie. Cambridge, Vol. 2) im Zusammenhang mit dem »Gesetz der circumpolaren Vertheilung des Lebens in Zonen« die Unterscheidung von 8 Gebieten vorgeschlagen. 1. Arctisches Reich. 2. Nördlich gemässigtes Reich. 3. Amerikanisch-tropisches Reich. 4. Indo-afrikanisch tropisches Reich. 5. Süd-amerikanisch tropisches Reich. 6. Afrikanisch gemässigtes Reich. 7. Antarktisches Reich. 8. Australisches Reich.

Bezüglich des relativen Reichthums der einzelnen Regionen und ihrer Eintheilung in Unterregionen hat Wallace die nachfolgenden Tabellen gegeben.

Relativer Reichthum der sechs Regionen.

	Wirbelthiere.		Säugethiere.			Vögel.		
	Familien.	Eigenthümliche Familien.	Gattungen.	Eigenthüml. Gattungen.	Procentverhältniss.	Gattungen.	Eigenthüml. Gattungen.	Procentverhältniss.
Palaearktische	136	3	100	35	35	174	57	33
Aethiopische	174	22	140	90	64	294	179	60
Indische (Orientalische)	164	12	118	55	46	340	165	48
Australische	141	30	72	44	61	298	189	64
Neotropische	168	44	130	103	79	683	576	86
Nearktische	122	12	74	24	32	169	52	31

Tabelle der Regionen und Subregionen.

Regionen.	Subregionen.	Bemerkungen.
I. Palaearktische.	1. Nord-Europa.	
	2. Mittel-Meer.	Uebergang zur äthiopischen. Uebergang zur nearktischen.
	3. Sibirien.	Uebergang zur orientalischen.
	4. Manschurei (Japan)	
II. Aethiopische.	1. Ost-Afrika.	Uebergang zur paläarktischen.
	2. West-Afrika.	
	3. Süd-Afrika.	
	4. Madagascar.	
III. Orientalische.	1. Hindostan (Central-Indien).	Uebergang zur äthiopischen.
	2. Ceylon.	
	3. Indo-China (Himalaya).	Uebergang zur paläarktischen. Uebergang zur australischen.
	4. Indo-Malayische.	
IV. Australische.	1. Austro-Malayische.	Uebergang zur orientalischen.
	2. Australien.	
	3. Polynesien.	
	4. Neu-Seeland.	Uebergang zur neotropischen.
V. Neotropische.	1. Chile (südl. gemässigt-amerikanische)	Uebergang zur australischen.
	2. Brasilien.	
	3. Mexico (tropisches Nordamerika).	Uebergang zur nearktischen.
	4. Antillen.	
VI. Nearktische.	1. Californien.	
	2. Felsengebirge.	Uebergang zur neotropischen.
	3. Alleghany (östlich vereinigte Staaten).	
	4. Canada.	Uebergang zur paläarktischen.

Die Schranken der unterschiedenen Regionen stellen sich als ausgedehnte Meere, hohe Gebirgsketten oder Sandwüsten von grosser Ausdehnung dar und sind selbstverständlich keineswegs für alle organische Erzeugnisse Barrièren vom Werthe absoluter Grenzen, sondern gestatten für diese oder jene Gruppen Uebergänge aus dem einen Gebiete in das andere. Die Hindernisse der Aus- und Einwanderung erscheinen zwar hier und da für die Jetztzeit unübersteiglich, waren aber gewiss in der Vorzeit unter andern Verhältnissen der Vertheilung von Wasser und Land von der Gegenwart verschieden und für manche Lebensformen leichter zu überschreiten. Wenn man schon seit langer Zeit für ziemlich abgeschlossene Verbreitungsbezirke den Ausdruck Schöpfungscentra gebraucht hat — wofür man freilich passender mit Rütimeyer die Bezeichnung Verbreitungscentra anwenden sollte — so liegt die Vorstellung von dem endemischen Auftreten bestimmter typischer Artengruppen und der allmähligen Ausbreitung [1]) derselben bis zu den Grenzen des betreffenden Gebietes zu Grunde, eine Vorstellung, welche sehr wohl mit der Lehre von der Entstehung der Arten durch allmählige Abänderung harmonirt.

Auch für die Vertheilung der Meeresbewohner wiederholen sich die nämlichen Gesetze. Ein Theil der Barrièren für Landthiere, wie die grosse inselreiche See, kann hier eine Ausbreitung unterstützen, während umgekehrt ausgedehnte Gebiete von Festland, welche die Ausbreitung der Landthiere begünstigen, unübersteigliche Schranken herstellen. Indessen besuchen eine grosse Zahl von Seethieren nur flaches Wasser an den Küsten und werden daher oft mit den Landthieren ihrer Verbreitung nach zusammenfallen, hingegen an entgegengesetzten Küsten ausgedehnter Continente sehr verschieden sich verhalten. Beispielsweise differiren die Meeresthiere der Ost- und Westküste von Süd- und Centralamerika so bedeutend, dass von einer Reihe von Fischen abgesehn, welche nach Günther an den entgegengesetzten Seiten des *Isthmus von Panama* vorkommen, nur wenige Thierformen gemeinsam sind. Ebenso treffen wir in dem östlichen Inselgebiete des stillen Meeres eine von der Westküste Südamerikas ganz abweichende marine Thierwelt. Schreiten wir aber von den östlichen Inseln des stillen Meeres weiter westlich, bis wir nach Umwanderung einer Halbkugel zu den Küsten Afrikas gelangen, so stehen sich in diesem umfangreichen Gebiete die Faunen nicht mehr scharf gesondert gegenüber. Viele Fischarten reichen vom stillen bis zum indischen Meere, zahlreiche Weichthiere der Südseeinseln gehören auch der Ostküste Afrikas unter fast genau entgegengesetzten Meridianen an. Hier sind aber auch die Schranken der Verbreitung nicht unübersteiglich, indem zahlreiche Inseln und Küsten den wandernden Meeresbewohnern Ruheplätze bieten. Rücksichtlich des besondern Aufenthalts der Seebewohner unterscheidet man *Litoralthiere*, welche an den Küsten wenn auch unter ungleichen Verhältnissen in verschiedener bathymetrischer Ausbreitung am Boden leben, von *pelagischen* an der Oberfläche schwimmenden Seethieren. Aber auch in bedeutenden Tiefen und am Meeresgrunde existirt ein reiches und mannichfaltiges Thierleben, von dem man erst in neuester Zeit

---

1) Vergleiche die treffliche Abhandlung von Rütimeyer, Ueber die Herkunft unserer Thierwelt. Basel und Genf. 1867.

vorzüglich durch die von Nordamerika, Scandinavien und England ausgegangenen Expeditionen zur Tiefseeforschung nähere Kenntniss gewonnen hat. Anstatt des a priori vermutheten Mangels jeglichen Thierlebens finden selbst in den bedeutendsten Tiefen zahlreiche niedere Thiere der verschiedensten Gruppen die Bedingungen ihrer Existenz. Es sind ausser den niedersten Sarcodethieren aus der Foraminiferengruppe (Globigerinen-schlamm) vernehmlich Kieselschwämme, einzelne Korallenthiere, sodann *Echinodermen* und *Crustaceen*[1]) gefunden worden, letztere zum Theil aus niedern Typen aber in gigantischen und häufig blinden Repräsentanten. Auch ist es von ausserordentlichem Interesse, dass die Tiefseebewohner an alte in mesozoischen Formationen vertretene Typen insbesondere der Kreide anschliessen zum Beweise der Continuität des Lebendigen in den aufeinander folgenden geologischen Formationen bis zur Gegenwart.

Weitere Beweisgründe der geographischen Verbreitung.

Indessen giebt es eine Reihe von Thier- und Pflanzenarten, welche als Kosmopoliten auf allen Welttheilen vorkommen und andere, die durch scheinbar unübersteigliche Schranken getrennt, verschiedenen Provinzen angehören und an den entferntesten Punkten angetroffen werden. Diese Fälle erklären sich theilweise mit Hülfe der ausserordentlich mannichfaltigen, die Verbreitung leicht beweglicher Formen überaus begünstigenden Transportmittel und aus den geographischen und klimatischen Veränderungen, aus den Verschiebungen von Wasser und Land, welche sich nachweisbar in der jüngsten geologischen und auch in älteren Zeiten ereignet haben. Das Vorkommen gleicher Thier- und Pflanzenarten auf hohen Bergen, welche durch weite Tiefländer gesondert sind, die Uebereinstimmung der Bewohner des hohen Nordens mit denen der Schneeregionen der Alpen und Pyrenäen, die Aehnlichkeit beziehungsweise Gleichheit von Pflanzenarten in Labrador und auf den weissen Bergen in den vereinigten Staaten einerseits und den höchsten Bergen Europa's andererseits scheint auf den ersten Blick die alte Anschauung zu unterstützen, dass die nämlichen Arten unabhängig von einander an mehreren Orten geschaffen worden sein, während die Selections- und Transmutationslehre die Vorstellung in sich einschliesst, dass jede Art nur an einer einzigen Stätte entstanden sein kann und dass die Individuen derselben, auch wenn sie noch so weit getrennt leben, von der ursprünglichen Oertlichkeit durch Wanderung sich zerstreut haben müssen. Indessen findet jene Thatsache eine ausreichende Erklärung aus den klimatischen Zuständen einer sehr neuen geologischen Periode, in welcher über Nordamerika und Centraleuropa ein arktisches Klima herrschte (Eiszeit) und Gletscher von gewaltiger Ausdehnung die Thäler der Hochgebirge erfüllten. In dieser Periode wird eine einförmige arktische Flora und Fauna Mitteleuropa bis in den Süden der Alpen und Pyrenäen bedeckt haben, die, weil von der gleichen Polarbevölkerung aus eingewandert, in Nordamerika im Wesentlichen dieselbe gewesen

1) Vergl. besonders Wyville Thomson, The depths of the sea. An accout of the general results of the dredgings cruises of the Procupine and Lightning during the summers 1868, 1869 und 1870. London 1873, sowie ferner die Resultate der Challenger-Expedition von 1874—1876.

sein musste (Rennthier, Eisfuchs, Vielfrass, Alpenhase etc.). Nachdem die Eiszeit ihren Höhepunkt erreicht hatte, zogen sich mit Zunahme der mittleren Temperatur die arktischen Bewohner auf die Gebirge und allmählig immer höher bis auf die höchsten Spitzen derselben zurück, während in die tiefer liegenden Regionen eine aus dem Süden kommende Bevölkerung nachrückte. Auf diese Weise erklären sich aber auch in Folge der Isolation die Abänderungen, welche die alpinen Bewohner der einzelnen getrennten Gebirgsketten untereinander und von den arktischen Formen auszeichnen, zumal da die besondern Beziehungen der alten Alpenarten, welche schon vor der Eiszeit die Gebirge bewohnten und dann in die Ebene herabrückten, einen Einfluss ausüben mussten. *Daher treffen wir neben vielen identischen Arten mancherlei Varietäten, zweifelhafte und stellvertretende Arten an.* Nun aber bezieht sich die Uebereinstimmung auch auf viele subarktische und einige Formen der nördlich-gemässigten Zone (an den niederen Bergabhängen und in den Ebenen Nordamerikas und Europas), die sich nur unter der Voraussetzung erklärt, dass vor Anfang der Eiszeit auch die Lebewelt der subarktischen und nördlich gemässigten Zone rund um den Pol herum die gleiche war. Da aber gewichtige Gründe mit Bestimmtheit darauf hinweisen, dass vor der Eiszeit während der jüngern Pliocänperiode, deren Bewohner der Art nach theilweise mit denen der Jetztwelt übereinstimmten, das Klima weit wärmer als gegenwärtig war, so erscheint es in der That nicht unmöglich, dass zu dieser Periode subarktische und nördlich gemässigte Formen viel höher nach Norden reichten und in dem zusammenhängenden Lande unter dem Polarkreise, welches sich von Westeuropa an bis Ostamerika ausdehnte, zusammentrafen. Wahrscheinlich aber haben in der noch wärmeren ältern Pliocänzeit [1]) eine grosse Zahl derselben Thier- und Pflanzenarten die zusammenhängenden Länder des hohen Nordens bewohnt und sind dann mit dem Sinken der Wärme allmählig in der alten und neuen Welt südwärts gewandert. Auf diese Weise erklärt sich die Verwandtschaft zwischen der jetzigen Thier- und Pflanzenbevölkerung Europas und Nordamerikas, welche so bedeutend ist, dass wir in jeder grossen Classe Formen antreffen, über deren Natur als geographische Rassen oder Arten gestritten wird, ebenso erklärt sich die noch nähere und engere Verwandtschaft der Organismen, welche in der jüngern Tertiärzeit beide Welttheile bevölkerten. Hinsichtlich derselben bemerkt Rütimeyer über die pliocäne Thierwelt von *Niobrara,* dass die in den Sandsteinschichten begrabenen Ueberreste von Elephanten, Tapiren und Pferdearten kaum von den altweltlichen verschieden und dass die Schweine nach ihrem Gebiss zu urtheilen Abkömmlinge miocäner Paläochoeriden sind. Auch die Wiederkäuer, wie Hirsche, Schafe, Auerochsen finden sich in gleichen Gattungen und theilweise in denselben Arten wie in den gleichwerthigen Schichten Europas. Nun aber sind auch manche Genera von exquisit altweltlichem Gepräge über den Isthmus von Panama, selbst weit herab nach Südamerika vorgedrungen und daselbst erst kurz vor dem Auftreten des Menschen erloschen, wie die zwei Mammutharten der Cordilleren

1) In der noch älteren *Miocänzeit* herrschte auf Grönland und Spitzbergen, die damals noch zusammenhingen, ein Klima, wie etwa zur Zeit in Norditalien, was aus den interessanten paläontologischen Funden der Nordpolexpeditionen hervorgeht.

und die südamerikanischen Pferde. Sogar eine Antilopenart und zwei horntragende Wiederkäuer (*Leptotherium*) fanden ihren Weg bis Brasilien. Heutzutage sind noch zwei Tapirarten, im Gebiss selbst für Cuvier's Auge kaum von den indischen unterscheidbar, zwei Arten von Schweinen, welche den Charakter ihrer Stammform im Milchgebiss noch erkennbar an sich tragen, und eine Anzahl von Hirschen nebst den Lamas, einem erst in Amerika geborenen und spätern Sprössling der eocänen Anoplotherien, *»lebende Ueberreste dieser alten und auf so langem Wege nicht ohne reichliche Verluste an ihren dermaligen Wohnort gelangten Colonie des Ostens«*. Auch dürfte man kaum bezweifeln, dass ein guter Theil der Raubthiere, welche im Diluvium von Südamerika altweltliche Stammverwandtschaft bewahren, auf demselben Wege dahin gelangten. Die Beutelratten liegen bereits in den eocänen Schichten Europa's begraben und der eocäne *Caenopithecus* von Egerkingen weist auf die heutigen amerikanischen Affen hin. Ebenso zeigen die ältern (*miocänen*) Reste der Nebrasca eine grosse Uebereinstimmung mit tertiären Säugethieren Europas. Dort lebten die Palaeotherien fort, die in Europa nicht über die eocäne Zeit hinausreichten, ferner die dreihufigen Pferde (*Anchitherium*), von denen die spätern einhufigen Pferde mit Afterzehen (Hipparion) und die jetztlebenden Einhufer ohne Afterzehe abzuleiten sind. Bis in die ältere Tertiärzeit lässt sich der geschichtliche Zusammenhang der die alte Welt und einen grossen Theil Amerikas bevölkernden Säugethiere zurückverfolgen, so dass Rütimeyer die älteste tertiäre Fauna Europas als die Mutterlauge einer heutzutage auf den Tropengürtel beider Welten, allein am entschiedensten in dem massiven Afrika vertretenen echt continentalen Thiergesellschaft betrachtet. Dagegen hat nun freilich neuerdings Marsh [1]) das umgekehrte Verhältniss wahrscheinlich gemacht, dass Amerika für die Säugethierfauna gewissermassen der ältere Welttheil ist. Nicht nur, dass hier die paläozoischen Formationen, die wir in Europa von nur geringer Ausdehnung kennen, fast durchaus den Boden zwischen dem Alleghaniegebirge und dem Mississippi bilden, Amerika war auch längst ein weit ausgedehnter Continent, als Europa sich noch in Form einer vielgetheilten Inselgruppe darstellte, und auch Afrika und Asien vielfach zertheilt waren. Speciell für die Formationen der Tertiärzeit, deren Abgrenzung von der Kreide in Amerika kaum durchführbar ist, neigt sich Marsh der Ansicht zu, dass die Thierwelt der als Eocän, Miocän und Pliocän unterschiedenen Schichtengruppen etwas älter seien, als die entsprechenden der östlichen Continente.

Südamerika besitzt aber neben eigenthümlichen Typen von Nagern, zu denen sich die meisten Edentaten gesellen, auch Gattungen von Säugethieren und Vögeln, welche wie die oben genannten Struthioniden und wie die wenigen auch in Südafrika und Südasien auftretenden Edentatengattungen (*Orycteropus, Manis*) auf eine einstmalige gemeinsame Colonisirung zugleich von einem südlichen Ausgangscentrum, auf einen verschwundenen südlichen Continent hinweisen, von welchem das australische Festland ein Ueberrest zu sein scheint. Von diesem würden möglicherweise die Beutelthiere Australiens und des süd-

---

1) O. C. Marsh, Introduction und Succession of Vertebrate life in America. An Address. 1877.

westlichen Malayischen Inselgebietes, die Ameisenfresser und Schuppenthiere, die Faulthiere und Gürtelthiere, die ausgestorbenen Riesenvögel von Madagascar und Neuseeland und die Struthioniden, auch die Maki's von Madagascar abzuleiten sein. Auch liegt die Annahme nahe, dass die von dem Ausgangscentrum der nördlichen Halbkugel stammenden Einwanderer, als sie den Boden Südamerikas betraten, diesen schon mit den Vertretern einer südwestlichen Thierwelt reichlich besetzt fanden. Wie sich aus den diluvialen Thierresten ergibt, welche in den Knochenhöhlen Brasiliens und dem Alluvium der Pampas gesammelt worden sind, machen die Edentaten-Arten fast die Hälfte der grossen Diluvialthiere Südamerikas aus und mochten somit im Stande gewesen sein, den später von Norden her eingewanderten Säugethieren so ziemlich das Gleichgewicht zu halten. Begreiflicherweise rückten auch Glieder der antarktischen Fauna nach Norden empor, und »wie wir noch heute die fremdartige Form des Faulthiers, des Gürtelthiers und des Ameisenfressers in Guatemala und Mexico mitten in einer Thiergesellschaft antreffen, die guten Theils aus noch jetzt in Europa vertretenen Geschlechtern besteht, so finden wir auch schon in der Diluvialzeit riesige Faulthiere und Gürtelthiere bis weit hinauf nach Norden verbreitet. *Megalonyx Jeffersoni* und *Mylodon Harlemi*, bis nach Kentucky und Missouri vorgeschobene Posten südamerikanischen Ursprungs, sind in dem Lande der Bisonten und Hirsche eine gleich fremdartige Erscheinung, wie die Mastodonten in den Anden und Neugranada und Bolivia. *Mischung und Durchdringung zweier vollkommen stammverschiedener Säugethiergruppen fast auf der ganzen ungeheueren Erstreckung beider Hälften des neuen Continents bildet überhaupt den hervorstechendsten Charakterzug seiner Thierwelt*, und es ist bezeichnend, dass jede Gruppe an Reichthum der Vertretung und an Originalität ihrer Erscheinung in gleichem Masse zunimmt, als wir uns ihrem Ausgangspunkte nähern«.

Erwägt man, dass die südliche Wanderung in den vorgeschichtlichen Zeitperioden auch für die Meeresbewohner Geltung gehabt hat, so wird das Vorkommen verwandter Arten an der Ost- und Westküste des gemässigtern Theils von Nordamerika, in dem Mittelländischen und Japanesischen Meere (vornehmlich Crustaceen und Fische) verständlich, für das die alte Schöpfungslehre keine Erklärung zu geben vermag.

Das Auftreten gleicher oder sehr nahe stehender Arten in gemässigten Tiefländern und entsprechenden Gebirgshöhen *entgegengesetzter* Hemisphären erklärt sich aus der durch eine Menge geologischer Thatsachen gestützten Annahme, dass zur Eizeit, für deren lange Dauer sichere Beweise vorliegen, die Gletscher eine ungeheuere Ausdehnung [1]) über die verschiedensten Theile der Erde auf beiden Halbkugeln gewonnen hatten, und die Temperatur über die ganze Oberfläche wenigstens der nördlichen oder südlichen Halbkugel bedeutend

---

1) Croll hat zu zeigen versucht, dass das eisige Klima vornehmlich eine Folge der zunehmenden Excentricität der Erdbahn und der durch dieselbe influirten oceanischen Strömungen sei, dass aber sobald die nördliche Hemisphäre in eine Kälteperiode eingetreten, die Temperatur der südlichen erhöht sei und umgekehrt; er glaubt, dass die letzte grosse Eiszeit ungefähr vor 240,000 Jahren eintrat und etwa 160,000 Jahre währte.

gesunken war. Am Anfange dieser langen Zeitperiode, als die Kälte langsam zunahm, werden sich die tropischen Thiere und Pflanzen nach dem Aequator zurückgezogen, ihnen die subtropischen und die der gemässigten Gegenden, diesen endlich die arktischen gefolgt sein. Wenn wir Croll's Schluss, dass zur Zeit der Kältezunahme der nördlichen Halbkugel die südliche Hemisphäre wärmer wurde und umgekehrt, als richtig betrachten, so werden während des langsamen Herabwanderns vieler Thiere und Pflanzen der nördlichen Halbkugel die Bewohner der heissen Tiefländer sich nach den tropischen und halbtropischen Gegenden der wärmern südlichen Hemisphäre zurückgezogen haben. Da bekanntlich manche tropische Bewohner einen merklichen Grad von Kälte aushalten können, mochten manche Thiere und Pflanzen, in die geschütztesten Thäler zurückgezogen, auch so der Zerstörung entgangen und in spätern Generationen mehr und mehr den besondern Temperaturbedingungen angepasst worden sein. Auch die Bewohner der gemässigten Regionen traten, dem Aequator nahe gerückt, in neue Verhältnisse der Existenzbedingungen ein und überschritten zur Zeit der grössten Wärmeabnahme in ihren kräftigsten und herrschendsten Formen auf Hochländern (Cordilleren und Gebirgsketten im Nordwesten des Himalaya's), theilweise vielleicht auch in Tiefländern (wie in Indien) den Aequator. Als nun mit Ausgang der Eiszeit die Temperatur allmählig wieder zunahm, stiegen die gemässigten Formen aus den tiefer gelegenen Gegenden theils vertical auf Gebirgshöhen empor, theils wanderten sie nordwärts mehr und mehr in ihre frühere Heimath zurück. Ebenso kehrten die Formen, welche den Aequator überschritten hatten, mit einzelnen Ausnahmen wiederum zurück, erlitten aber theilweise wie jene unter den veränderten Concurrenzbedingungen geringe oder tiefgreifendere Modifikationen. Nach Darwin wird nun »im regelmässigen Verlaufe der Ereignisse die südliche Hemisphäre einer intensiven Glacialzeit unterworfen worden sein, während die nördliche Hemisphäre wärmer wurde; dann müssten umgekehrt die südlichen temperirten Formen in die äquatorialen Tiefländer eingewandert sein. Die nordischen Formen, welche vorher auf den Gebirgen zurückgelassen worden waren, werden nun herabgestiegen sein und sich mit den südlichen Formen vermischt haben. Diese letztern konnten, als die Wärme zurückkehrte, nach ihrer frühern Heimath zurückgekehrt sein, dabei jedoch einige wenige Formen auf den Bergen zurückgelassen und einige der nordischen temperirten Formen, welche von ihren Bergen herabgestiegen waren, mit sich nach Süden geführt haben. Wir müssen daher einige Species in den nördlichen und südlichen temperirten Zonen und auf den Bergen der dazwischen liegenden tropischen Gegenden identisch finden. Die eine lange Zeit hindurch auf diesen Bergen oder in entgegengesetzten Hemisphären zurückgelassenen Arten werden aber mit vielen neuen Formen zu concurriren gehabt haben und etwas verschiedenen physikalischen Bedingungen ausgesetzt gewesen sein; sie werden daher der Modifikation in hohem Grade zugänglich gewesen sein und demnach jetzt im Allgemeinen als Varietäten oder als stellvertretende Arten erscheinen. Auch haben wir uns daran zu erinnern, dass in beiden Hemisphären schon früher Glacialperioden eingetreten waren; denn diese werden in Uebereinstimmung mit denselben hier erörterten Grundsätzen erklären, woher es kommt, dass so viele völlig distinkte Arten dieselben

weit von einander getrennten Gebiete bewohnen und zu Gattungen gehören, welche jetzt nicht mehr in den dazwischen liegenden tropischen Gegenden gefunden werden. So vermag man aus den erörterten Folgen der grossen klimatischen Veränderungen, welche sich in ganz allmähligem Verlaufe während der sog. Eiszeit zugetragen haben, einigermassen zu erklären, dass auf hohen Gebirgen des tropischen Amerika's eine Reihe von Pflanzenarten aus Europäischen Gattungen vorkommen, dass nach Hooker das Feuerland circa 40—50 Blüthenpflanzen mit Ländertheilen auf der entgegengesetzten Hemisphäre von Nordamerika und Europa gemeinsam hat, dass viele Pflanzen des Himalaya und der vereinzelten Bergketten der Indischen Halbinsel auf den Höhen Ceylon's und den vulkanischen Kegeln Java's sich wechselseitig vertreten und Europäische Formen wiederholen, dass in Neuholland eine Anzahl Europäischer Pflanzengattungen, sogar in einzelnen identischen Arten auftreten und südaustralische Formen auf Berghöhen von Borneo wachsen und über Malacca, Indien bis nach Japan reichen, dass auf den Abyssinischen Gebirgen Europäische Pflanzenformen und einige stellvertretende Pflanzenarten vom Cap der guten Hoffnung gefunden werden, dass nach Hooker mehrere auf den *Cameroon* Bergen am Golfe von Guinea wachsende Pflanzen denen der Abyssinischen Gebirge und mit solchen des gemässigten Europas nahe verwandt sind. Aber schon vor der Eiszeit müssen sich viele Thier- und Pflanzenformen über sehr entfernte Punkte der südlichen Halbkugel verbreitet haben, unterstützt theils durch gelegentliche Transportmittel, theils durch die besonderen, von den jetzigen abweichenden Verhältnisse der Vertheilung von Wasser und Land, theils durch frühere Glacialperioden; nur so wird man das Vorkommen ganz verschiedener [1]) Arten südlicher Gattungen an entlegenen Punkten, die ähnliche Gestaltung des Pflanzenlebens an den Südküsten von Amerika, Neuholland und Neuseeland zu begründen vermögen.

Verbreitung der Süsswasserbewohner.

Gegen die Theorie gemeinsamer Abstammung mit nachfolgender Abänderung durch natürliche Zuchtwahl scheint auf den ersten Blick die Verbreitungsweise der Süsswasserbewohner zu sprechen. Während wir nämlich mit Rücksicht auf die Schranken des trocknen Landes erwarten sollten, dass die einzelnen Landseen und Stromgebiete eine besondere und eigenthümliche Bevölkerung besässen, finden wir im Gegentheil eine ausserordentliche Verbreitung zahlreicher Süsswasserarten und beobachten, dass verwandte Formen in den Gewässern der gesammten Oberfläche vorherrschen. Sogar dieselben Arten können auf weit von einander entfernten Continenten vorkommen, wie nach Günther der Süsswasserfisch *Galaxias attenuatus* Tasmanien, Neuseeland, den Falklandsinseln und Südamerika angehört, ein Fall, der wiederum auf ein einstmaliges antarktisches Ausgangscentrum hinweist. Die Phyllopodengattungen *Estheria* und *Limnadia* finden sich in allen Welttheilen vertreten.

1) In dem Grade abweichend, dass die Zeit von Beginn der Eiszeit zur Stärke der Abänderung nicht wohl ausgereicht haben kann.

Gleiches gilt von zahlreichen Süsswassermollusken. Indessen kann man die Verbreitung von Süsswasserbewohnern theils dem Einflusse der Niveauveränderungen und Höhenwechsel während der gegenwärtigen Periode zuschreiben, theils aus der Wirkung ausserordentlicher Transportmittel erklären. Zu den letztern gehören weite Ueberschwemmungen und Fluthen, Wirbelwinde, welche Fische und Pflanzen und deren Keime von einem Flussgebiet in das andere übertrugen. Mit dieser Erklärungsweise steht im Einklang, dass auf entgegengesetzten Seiten von Gebirgsketten, welche schon seit früher Zeit die Wasserscheide gebildet haben, verschiedene Fische angetroffen werden. Auch die passive Ueberführung von Süsswasserschnecken, Eiern, Pflanzensamen durch flugfähige Wasserkäfer und wandernde Sumpfvögel scheint für die Verbreitung der Süsswasserbevölkerung von grossem Einfluss gewesen zu sein. Endlich können auch vom Meere aus Seethiere in verschiedene Flussgebiete eingetreten sein und sich allmählig an das Leben im süssen Wasser gewöhnt haben. In der That sind wir im Stande, eine Anzahl Süsswasserbewohner von Seethieren abzuleiten, die langsam und allmählig an das Leben zuerst im Brackwasser und dann im süssen Wasser gewöhnt und später theilweise oder vollständig vom Meere separirt wurden. Nach Valenciennes gibt es kaum eine Fischgruppe, welche vollkommen auf das Leben in Flüssen und Landseen beschränkt wäre, in vielen Fällen treten sogar die nächsten Verwandten — und gleiches beobachten wir bei zehnfüssigen Krebsen — im Meere und im süssen Wasser auf, in andern Fällen leben dieselben Fische im Meere und in Flüssen (*Mugiloideen, Pleuronectiden, Salmoniden* etc.). Von besonderm Interesse aber sind eine Reihe ausgezeichneter Beispiele, welche das Schicksal und die Veränderungen von Fischen und Krebsen in allmählig oder plötzlich vom Meere abgesperrten und zu Binnenseen umgestalteten Gewässern beleuchten. Von Lovén wurden diese für die Thiere des Wenern- und Wetternsees, welche mit denen des Eismeeres eine grosse Uebereinstimmung zeigen, von Malmgreen für die des Ladogasees erörtert. Die italienischen Landseen enthalten eine Anzahl von Fisch- und Crustaceenarten, welche den Character von Seethieren des Mittelmeeres, beziehungsweise der Nordsee an sich tragen (*Blennius vulgaris, Atherina lacustris, Telphusa fluviatilis, Palaemon lacustris = varians, Sphaeroma fossarum* der Pontinischen Sümpfe), so dass der Schluss einer vormaligen Verbindung mit dem Meere und einer spätern durch Hebung bewirkten Absperrung überaus nahe liegt. Auch in Griechenland, auf der Insel Cypern, in Syrien und Egypten leben in süssen Wassern vereinzelte Crustaceentypen des Meeres (*Telphusa fluviatilis, Orchestia cavimana, Gammarus marinus var. Veneris*) und in Brasilien finden wir eine noch grössere Zahl von marinen Crustaceengattungen als Süsswasserbewohner [1]) wieder.

1) Nach Martens finden sich dort die Süsswasserkrabben (gewissermassen die altweltlichen Telphusen wiederholend: *Trichodactylus quadratus, Sylviocarcinus panoplus, Dilocarcinus multidentatus*; die Süsswasseranomure *Aeglea laevis*. Als Makruren werden — abgesehn von den mit dem Hummer so nahe verwandten Astaciden — angeführt: *Palaemon Jamaicensis, spinimanus, forceps*, sodann von Asseln *Cymothoe Henseli*.

Die Eigenthümlichkeiten der Inselbevölkerung.

Eine andere Reihe von Thatsachen, welche der Theorie gemeinsamer Abstammung mancherlei Schwierigkeiten bieten, jedoch ebenfalls unter einigen Voraussetzungen grossentheils mit derselben im besten Einklang stehen, betrifft die Eigenthümlichkeiten der Inselbevölkerung und ihre Verwandtschaft mit der Bevölkerung der nächstliegenden Festländer. Ihrer Entstehung nach haben wir die Inseln entweder als die höchstgelegenen aus dem Meere allmählig oder plötzlich emporgetretenen Gipfel unterseeischer Ländergebiete aufzufassen, an deren Aufbau die Korallen wesentlich betheiligt sein können, oder als Bruchstücke von Continenten zu betrachten, die erst in Folge säculärer Senkung durch das überfluthende Meer getrennt wurden. Im letztern Falle werden meistens die nächstgelegenen Continente eine nachweisbare Beziehung bieten, doch ist zuweilen wahrscheinlich, wie bei Madagascar und den Seychellen, dass Inseln einem andern als dem benachbarten und zwar einem längst zerrissenen und geschwundenen Festlande angehörten. Ebenso wenig scheinen die Canarischen Inseln und die Azoren, denen Landsäuger und Reptilien fehlen, während unter den Insekten flügellose Formen vorwiegen, dem Afrikanischen Continent verbunden gewesen zu sein. Nun ist es eine durchgreifende Erscheinung, dass die Inseln eine relativ nur geringe Zahl von Arten enthalten, unter diesen aber oft, wenigstens für bestimmte Gruppen, unverhältnissmässig viele endemische Formen aufzuweisen haben. Nach Darwin erklärt sich diese Thatsache ungezwungen, insofern Arten, welche in ein neues mehr oder minder isolirtes Gebiet eintreten oder auf einen bestimmten Bezirk abgeschlossen werden, unter den veränderten Bedingungen der Concurrenz vornehmlich dann Modificationen erfahren müssen, wenn sie nicht durch fortwährendes Nachrücken unveränderter Einwanderer mit dem Mutterlande in Continuität erhalten werden. Zudem werden auf Inseln, welche aus dem Meere emporgetreten sind, nur schwimmende und fliegende oder sonst durch passive Wanderung mittelst der mannichfachen Transportmittel übertragene Formen gefunden werden können, während im andern Falle der Inselbildung zahlreiche Arten der Festlandsbevölkerung zu Grunde gegangen sein müssen. Unter den 26 Landvögeln der Galopagosinseln sind beispielsweise 21 oder gar 23 eigenthümliche Arten, dagegen gehören von 11 Seevögeln, welche leicht hierher gelangen, nur 2 dieser Inselgruppe ausschliesslich an. Die Vögelfauna der Insel Bermuda, welche gelegentlich von Nordamerikanischen Vögeln besucht wird, zeigt aber nicht eine einzige ihr eigenthümliche Art. Aehnlich verhält es sich mit den Vögeln von Madeira, die theils Afrikanischen theils Europäischen Arten entsprechen, während die Fauna der Landschnecken (nicht aber der Seeschnecken) und Käfer auf dieser Insel eine ganz eigenthümliche ist. Manchen Inseln fehlen gewisse Classen von Thieren, wie z. B. den Galopagosinseln und Neuseeland die Säugethiere, deren Stelle hier durch die Riesenvögel, dort durch Reptilien vertreten wird. Ueberhaupt vermisst man auf zahlreichen von dem Continent entfernter gelegenen Inseln eigentliche Landsäugethiere, obwohl kein Grund vorliegt, die Existenzfähigkeit wenigstens kleinerer Arten in Zweifel zu ziehen,

dagegen finden sich fast auf jeder Insel fliegende Säugethiere und zwar häufig in ganz besonderen Species. Für die Fledermäuse aber wird die Wanderung durch das Flugvermögen ausserordentlich begünstigt, während die Landsäugethiere nicht über weite Meeresstrecken hinüberzukommen vermögen. Merkwürdig ist der allgemeine Mangel von Fröschen, Kröten und Molchen auf fast allen oceanischen Inseln, obwohl eingeführte Batrachier auf einigen derselben so gut fortkommen, dass sie bald zur Plage werden. Indessen erklärt sich diese Thatsache einigermassen aus der Schwierigkeit, welche der Transport des in Meereswasser rasch absterbenden Laiches bietet.

Am wichtigsten erscheint die Verwandtschaft der Inselbewohner mit denen des nächstliegenden Festlandes. Für die Fauna der ausgedehnten australischen Inselwelt wurde von Wallace gezeigt, dass sie durchaus keinen selbstständigen Charakter trage, vielmehr auf den grossen asiatischen Continent, sowie zum Theil auf Australien zurückzuführen sei. Von dem erstern sind Sumatra, Borneo, Java nebst Bali östlich von Java nur durch ein seichtes Meer geschieden, in gleicher Weise Neuguinea nebst den benachbarten Inseln von Australien. Dagegen trennt eine weit tiefere Einsenkung des Meeresbodens die beiderseitigen Inselgebiete und zwar in der Weise, dass Celebes und Lombok der südlichen Gruppe zugehören, während noch die Philippinen auf den asiatischen Continent zu beziehen sind. Als losgelöste vielfach zerrissene Endtheile zweier einander genäherter Continente werden sie völlig verschiedene Faunen bergen, deren Abgrenzung mit der Trennung der beiden ehemaligen Festländer zusammenfallen muss. In der That trifft nun dieses in überraschender Weise zu. »Wenn wir die Fauna der nördlichen Inselgruppen betrachten, so finden wir einen überzeugenden Beweis, dass diese grossen Inseln einst dem grossen Continent angehört haben müssen und erst in einer sehr jungen geologischen Epoche von ihm getrennt sein können. Der Elephant und Tapir von Sumatra und Borneo, das Nashorn von Sumatra und die ähnliche javanische Art, das wilde Rind von Borneo und die javanische Form, die man so lange für eigenthümlich hielt, von allen weiss man jetzt, dass sie da oder dort auf dem Festland von Südasien vorkommen. Es ist unmöglich, dass einst diese grossen Thiere die Meerengen überschritten, welche jetzt diese Länder trennen und ihre Anwesenheit beweist klar, dass als die Arten entstanden, eine Landverbindung existirt haben muss. Eine beträchtliche Anzahl der kleinen Säuger sind allen Inseln und dem Festlande gemeinsam; aber die grossen physikalischen Veränderungen, die vor sich gegangen sein müssen seit der Ablösung und vor dem Untersinken so grosser Strecken haben den Untergang einiger auf verschiedenen Inseln herbeigeführt, und in einigen Fällen scheint Zeit genug zu Artumwandlungen gewesen zu sein. Vögel und Insekten bestätigen diese Ansicht; denn jede Familie und fast jede Gattung dieser Gruppen, welche man auf einigen Inseln findet, gehören auch dem asiatischen Festlande an, und in einer grössern Anzahl von Fällen sind die Arten völlig gleich«. »Die Philippinen stimmen in vieler Hinsicht mit Asien und seinen Inseln überein, bieten aber einige Abweichungen, welche anzuzeigen scheinen, dass sie in einer frühern Periode abgetrennt wurden und seitdem einer Reihe von Umwälzungen in ihren physikalischen Verhältnissen unterworfen waren«. (Wallace).

Wenden wir uns nun zu dem übrigen Theil des Archipels, so finden wir, dass alle Inseln östlich von Celebes und Lombok zumeist eine ebenso auffallende Aehnlichkeit mit Australien und Neuguinea zeigen als die westlichen zu Asien. Es ist bekannt, dass die Naturerzeugnisse Australiens [1]) von denen Asiens mehr abweichen als die der vier ältern Erdtheile von einander. Wirklich steht Australien für sich. Es hat keine Affen, Katzen, Wölfe, Bären oder Hyänen; keine Hirsche oder Antilopen, Schaf oder Rind; weder Elephant noch Pferd, Eichhörnchen oder Kaninchen: kurz nichts von jenen Familientypen der Vierfüsser, die man in jedem andern Theile der Erde findet. Statt dieser besitzt es nur Beutler, Kängurus und Opossums und das Schnabelthier. Auch seine Vogelwelt ist fast ganz eigenthümlich. Es besitzt weder Spechte noch Fasanen, Familien die überall sonst vorkommen. Statt derselben hat es die erdhügelbauenden Fusshühner, die Honigsauger, Kakadus und pinselzungigen Lories, die sonst nirgends leben. Alle diese auffallenden Eigenthümlichkeiten finden sich auch auf den Inseln, welche die südmalayische Abtheilung des Archipels bilden«.

»Der grosse Gegensatz zwischen den beiden Abtheilungen des Archipels tritt nirgends so plötzlich in die Augen, als wenn man von der Insel Bali nach Lombok übersetzt, wo die beiden Regionen sich am engsten berühren. In Bali haben wir Bartvögel, Fruchtdrosseln und Spechte; in Lombok sieht man diese nicht mehr, aber eine Menge von Kakadus, Honigsaugern und Fusshühnern, die ihrerseits wieder in Bali und allen westlichern Inseln unbekannt«. »Reisen wir von Java oder Borneo nach Celebes oder den Molukken, so ist der Unterschied noch auffallender. Dort sind die Waldungen reich an Affen, Katzen, Hirschen, Zibethkatzen und Ottern, und man begegnet zahlreichen Formen von

---

1) Für die Pflanzen und Schmetterlinge trifft die Abgrenzung weniger zu, da die Flora von Neuseeland mit der von Südamerika eine grosse Verwandtschaft zeigt und die Schmetterlinge von Australien und Polynesien so sehr den Character der indischen Falter tragen, dass sie zu der Continental-asiatischen Falterfauna bezogen werden müssen. Auch manche Vögel und Fledermäuse sind mit denen Ostindiens verwandt. Man erkennt hier deutlich den Einfluss des Flugvermögens als Transportmittel zur Ueberwindung der durch Meerengen gesetzten Schranken.

Dagegen sind die eigentlichen Landthiere und schwerfälligen Echsen sowie die Schlangen und Schnecken grossentheils eigenthümliche Formen des Landes, wenn auch mehr oder minder auf die Nachbarschaft ausgebreitet. Die *Monotremen* gehören ausschliesslich Tasmanien und der gegenüberliegenden Festlandsküste an. Dagegen erscheint Neuseeland von Australien abgeschlossen und mit einer ganz eigenthümlichen Fauna versehn, die sich bei dem Mangel echt einheimischer Säugethiere, Schlangen und Schildkröten vornehmlich durch die flügellosen Vögel vom Kiwi bis zu den Moas von Riesengrösse auszeichnet. Indess ist das Gebiet der flugunfähigen Vögel ein viel grösseres, die Casuare (*Casuarius*) breiten sich von den Molukken über die polynesischen Inseln nach Neu-Guinea, Neubritanien und dem Nordrand von Australien und die Emu's (*Dromaius*) selbst bis nach Tasmanien aus. Andererseits haben Afrika und Südamerika ihre Straussengattung. Bezüglich der Vertheilung der Säugethiere Australiens, die mit Ausnahme von 2 möglicherweise einheimischen Nagethiergattungen (*Hydromis, Hapolotis*) *Beutelthiere* sind, so erstrecken sich dieselben durch den malayischen Archipel bis nach Celebes; umgekehrt gehen Säugethiere des asiatischen Continents über die Sundainseln bis zu den Molukken; auch Rütimeyer leitet die Säugethierbevölkerung der Inseln zwischen Australien und Asien von beiden Continenten ab.

Eichhörnchen. Hier — keines dieser Thiere, aber der Kuskus mit dem Greifschwanz ist fast das einzige Landsäugethier, ausgenommen die wilden Schweine, die auf allen diesen Inseln vorkommen und — wahrscheinlich in neuerer Zeit eingeführte — Hirsche auf Celebes und den Molukken«. Unzweifelhaft müssen wir aus diesen Thatsachen den Schluss ziehen, dass die östlich von Java und Borneo gelegenen Inseln im Wesentlichen einen Theil eines frühern australischen oder pacifischen Continents bilden, obschon einige von ihnen vielleicht nie mit ihm im wirklichen Zusammenhange gestanden. Dieser Continent muss schon zertrümmert worden sein, nicht nur ehe die westlichen Inseln sich von Asien trennten, sondern wahrscheinlich schon bevor die Südostspitze von Asien aus dem Ocean aufgetaucht war. Denn man weiss, dass ein grosser Theil von Borneo und Java einer ganz jungen geologischen Formation angehört, während diese grosse Verschiedenheit der Arten, in vielen Fällen auch der Gattungen, von den Erzeugnissen der östlichen malayischen Inseln und Australiens, sowie die grosse Tiefe der See, welche sie jetzt trennt, auf eine verhältnissmässig lange Periode der Isolirung schliessen lässt«. (Vergl. Wallace l. c.).

»Bezüglich des Verhältnisses der Inseln unter einander ist es interessant zu bemerken, wie ein seichtes Meer immer auf eine neuere Landverbindung deutet. Die Aru-Inseln, Mysol und Waigiu sowie auch Jolaie stimmen mit Neuguinea in ihren Säugethier- und Vögelarten überein und wir finden, dass sie alle mit Neuguinea durch ein seichtes Meer verbunden sind. In der That bezeichnet die Hundert-Faden-Linie von Neuguinea genau die Verbreitung der wahren Paradiesvögel«.

Ein anderes Beispiel in kleinerm Massstabe bieten die Thiere und Pflanzen der Galopagosinseln, welche obwohl einige hundert Meilen vom Festlande entfernt, einen durchaus amerikanischen Character tragen, obwohl die geologische Beschaffenheit, das Klima und die allgemeinen Lebensbedingungen ganz andere sind. Das vollständig analoge Gegenstück finden wir in den Cap Verdischen Inseln, deren Bevölkerung wiederum ein durchaus afrikanisches Gepräge trägt, ohne jedoch die gleichen Arten zu enthalten. In kleinerm Massstabe wiederholt sich zuweilen dieselbe Erscheinung auf den einzelnen Inseln derselben Gruppe, deren Bewohner eine grosse Uebereinstimmung zeigen, jedoch distincte nahe verwandte Arten bilden. Auch hat man in einzelnen Fällen eine Beziehung nachgewiesen zwischen der Tiefe des Meeres, welches Inseln von einander und vom Festlande trennt und dem Verwandtschaftsgrade der entsprechenden Bevölkerungen. Alle diese Verhältnisse erklären sich sehr wohl aus der Annahme stattgefundener Colonisation mit nachfolgender Anpassung und Abänderung. Die Bevölkerung der Inseln, welche vor geraumen Zeiten unter einander und mit dem Festlande zusammenhingen oder durch Hebung aus dem Ocean emportauchten, ist in beiden Fällen auf die des Festlandes zurückzuführen, entweder in Folge der ursprünglichen Continuität oder nachträglicher durch mannichfache Transportmittel unterstützte Einwanderung; sie musste dann mit der Zeit eine um so grössere Zahl eigenthümlicher Abänderungen und Arten bilden, je vollständiger die Isolirung und je länger die Dauer derselben war.

Wahrscheinlichkeitsbeweis aus den Ergebnissen der Paläontologie.

Eine dritte grosse Reihe von Thatsachen, durch welche die Lehre von der langsamen Umgestaltung der Arten, die allmählige Entwicklung der Gattungen, Familien, Ordnungen etc. bestätigt wird, ergibt sich aus den Resultaten der *geologischen* und *paläontologischen Forschung.* Zahlreiche und mächtige Gesteinsschichten, welche im Laufe der Zeit in bestimmter Reihenfolge nach einander aus dem Wasser abgelagert wurden, bilden im Vereine mit gewaltigen aus dem feuerflüssigen Erdinnern hervorgedrungenen Eruptivmassen, den sog. vulkanischen und plutonischen Gesteinen, die feste Rinde unserer Erde. Die erstern oder die sedimentären Ablagerungen, sowohl in ihrer ursprünglich meist horizontalen Schichtung als in dem petrographischen Zustand ihrer Gesteine durch die Eruptivgesteine mannichfach verändert, enthalten eine Menge von begrabenen zu Stein gewordenen Ueberresten einer vormals lebenden Thier- und Pflanzenbevölkerung, die geschichtlichen Dokumente eines reichen Lebens in den frühern Perioden der Erdentwicklung. Obwohl uns diese sog. Petrefacten mit einer sehr bedeutenden Zahl und grossen Formenmannichfaltigkeit vorweltlicher Organismen bekannt gemacht, so bilden sie doch nur einen sehr kleinen Bruchtheil der ungeheueren Menge von Lebewesen, welche zu allen Zeiten die Erde bevölkert haben. Immerhin reichen dieselben zur Erkenntniss aus, dass zu den Zeiten, in welchen die einzelnen Ablagerungen entstanden sind, eine verschiedene Thier- und Pflanzenwelt existirte, die sich von der gegenwärtigen Fauna und Flora um so mehr entfernt, je tiefer die betreffenden Gesteine in der Schichtenfolge liegen, je weiter wir mit andern Worten in der Geschichte der Erde zurückgehn. Untereinander zeigen die Versteinerungen verschiedener Ablagerungen eine um so grössere Verwandtschaft, je näher dieselben in der Aufeinanderfolge der Schichten aneinander grenzen. Jede sedimentäre Bildung eines bestimmten Alters hat im Allgemeinen ihre besondern am häufigsten auftretenden Charakterversteinerungen (sog. Leitmuscheln), aus denen man unter Berücksichtigung der Schichten-Folge und des petrographischen Charakters der Gesteine mit einer gewissen Sicherheit auf die Stelle zurückschliessen kann, welche die zugehörige Schicht in dem geologischen Systeme einnimmt.

Zweifelsohne sind die Petrefacten neben der Aufeinanderfolge der Schichten das wichtigste Hülfsmittel zur Bestimmung des relativen geologischen Alters der abgelagerten Bildungen, jedenfalls weit wichtiger, als die Beschaffenheit der Gesteine an und für sich. Wenn allerdings auch in früherer Zeit die Ansicht massgebend war, dass die Gesteine derselben Zeitperiode stets die gleiche, die zu verschiedenen Zeiten abgesetzten dagegen eine verschiedene Beschaffenheit darbieten müssten, so hat man doch neuerdings diese Vorstellung als eine irrige aufgegeben. Die geschichteten oder sedimentären Ablagerungen entstanden zu jeder Zeit unter ähnlichen Bedingungen wie gegenwärtig durch Absatz von thonigem Schlamm, von fein zerriebenem oder gröberm Sand, von kleineren oder grösseren Geschieben und Geröllen, durch chemische Niederschläge von kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk und Talk, von Kieselhydrat und Eisen-

oxydhydrat, durch Anhäufung fester Thierreste und Pflanzentheile. Zu festen Gesteinen wie Thon- und Kalkschiefer, Kalkstein, Sandstein, Dolomit und Conglommeraten mancherlei Art wurden sie erst im Laufe der Zeit durch Wirkung verschiedener Ursachen, durch den gewaltigen mechanischen Druck aufliegender Massen, durch erhöhte Temperatur, durch innere chemische Vorgänge u. s. w. umgestaltet.

Wenn auch in vielen Fällen der besondere Zustand der Gesteine Anhaltspunkte zur Orientirung über das relative Alter bieten mag, so steht es doch fest, dass gleichzeitige Sedimente einen ganz abweichenden petrographischen Charakter zeigen können, während andererseits Ablagerungen aus sehr verschiedenen Perioden gleiche oder kaum zu unterscheidende Felsarten gebildet haben. Indessen wurde auch namentlich in früherer Zeit der Werth der Petrefacten für die Altersbestimmung bedeutend überschätzt. Mögen immerhin bei der grössern Gleichförmigkeit von Temperatur und Klima in früheren Zeiten Thier- und Pflanzenarten eine weit allgemeinere Verbreitung gehabt haben als in der Gegenwart, so konnten doch unmöglich sämmtliche Formen über die ganze Erde hin gleichmässig verbreitet gewesen sein. Die Bewohner hoher Gebirge mussten von denen des Tieflands, die Bevölkerung der Küsten von der pelagischen der hohen See, endlich die der einzelnen vom Meere umgrenzten Ländergebiete untereinander verschieden sein.

Die alte Vorstellung, dass gleichzeitige Ablagerungen überall die gleichen Versteinerungen enthalten müssten, konnte sich daher nur so lange aufrecht erhalten, als die geologischen Untersuchungen auf kleine Länderdistrikte beschränkt blieben. Ebenso wenig vermochte die an jene Vorstellung sich eng anschliessende Anschauung Geltung zu bewahren, dass die einzelnen durch bestimmte Schichtenfolgen charakterisirten geologischen Abschnitte scharf und ohne Uebergänge abzugrenzen sein. Weder petrographisch noch paläontologisch sind die einzelnen Formationen [1]), wie man die Schichtencomplexe eines bestimmten

1) Zur Uebersicht der geologischen Perioden und ihrer wichtigsten Formationen mag die beifolgende Tabelle dienen.

Quartärzeit. (Diluvial- und Alluvialformationen).	*Recente Periode* (Alluvium, Marine und Süsswasserbildungen).	
	Post Pliocäne oder *Diluvial-Periode* (Erratische Blöcke, Eiszeit, Löss).	
Tertiärzeit. (Kaenozoische Formationen).	*Pliocän Periode* (Subappeninenformation, Knochensand von Eppelsheim etc.).	
	Miocän Periode (Molasse. Tegel bei Wien. Braunkohlen in Norddeutschland).	
	Eocän Periode (Flysch, Nummulitenformation, Pariserbecken).	
Secundärzeit. (Mesozoische Formationen).	*Kreide Periode.*	Mastrichter Schichten. Weisse Kreide. Oberer Grünsand. Gault. Unterer Grünsand. Wealden.
	Jura Periode.	(Purbeck-Schichten. Portland-Stein. Kimmeridge Thon. Koral-Rag. Oxford Thon. Great-Oolits. Unter Oolith. Lias. Weisser, Brauner, Schwarzer Jura).
	Trias Periode.	Keuper, Muschelkalk (Oberer Muschelkalk, Gyps und Anhydrit, Wellenkalk. Bunter Sandstein).

Verbreitungsgebietes aus einer bestimmten Zeitperiode benennt, in der Weise geschieden, dass die Hypothese plötzlich erfolgter gewaltsamer Umwälzungen, allgemeiner die gesammte Lebewelt vernichtender Katastrophen heutzutage noch Bedeutung haben könnte. Man wird vielmehr mit Sicherheit behaupten dürfen, dass sowohl das Aussterben alter als das Auftreten neuer Arten keineswegs mit einem Male und gleichzeitig an allen Enden der Erdoberfläche erfolgte, da gar manche Arten aus einer in die andere Formation hineinreichen, und eine Menge Organismen aus der Tertiärzeit gegenwärtig nur wenig verändert oder gar in identischen Arten fortleben. Wie aber die Zeit, welche man die recente nennt, in ihren Anfängen schwer zu bestimmen und weder nach dem Charakter der Ablagerungen, noch nach dem Inhalt der Bevölkerung scharf von der diluvialen, der sog. Vorwelt zu überweisenden Zeit abzugrenzen ist, so verhält es sich auch mit den engern und weitern Zeitperioden vorweltlicher Entwicklung, welche ähnlich den Abschnitten menschlicher Geschichte zwar auf grosse und bedeutende Ereignisse gegründet, aber doch in unmittelbarer Continuität stehn. Dass dieselben aber nicht plötzliche über die ganze Erdoberfläche ausgedehnte Umwälzungen waren, sondern in lokaler Beschränkung [1]) einen langsamen und allmähligen Verlauf nahmen, dass die vergangene Erdgeschichte auf einem steten Entwicklungsprocess beruht, in welchem sich die

---

Palaeozoische Zeit. (Palaeozoische Formationen).	*Dyas Periode.*	Zechstein, Rothliegendes. — Unterer New-red-Sandstone-Permformation.
	Steinkohlenperiode.	Steinkohlenformation Englands, Deutschlands und Nordamerikas. Kulmformation. Kohlenkalkstein).
	Devonische Periode	(Spiriferenschiefer, Cypridinenschiefer, Stryngeocephalenkalk etc. — Old-red-Sandstone).
	Silurische . . .	(Ludlow-Wenlock-Caradoc-Schichten etc.)
	Cambrische . . .	(Azoische Schiefer etc.)
Archaeische Zeit.	Thonschieferformation.	
	Laurenzische Formation.	
	Glimmerschieferformation.	
	Aeltere Gneissformation.	

Nach Professor Ramsay fassen die Formationsgruppen in England eine Mächtigkeit von 72,584 Fuss also beinahe $13\frac{3}{4}$ Englische Meilen und zwar die Formationen der

Palaeozoische Zeit	57,154'	72,584'.
Secundärzeit	13,190'	
Tertiärzeit	2,240'	

1) »Jede sedimentäre Formation erstreckte sich schon bei ihrer Ablagerung nur über ein räumlich beschränktes Gebiet, beschränkt einerseits durch die Ausdehnung des Meeres- oder Süsswasserbeckens und andererseits durch die ungleichen Ablagerungsbedingungen innerhalb derselben. Zu derselben Zeit erfolgten an anderen Orten ganz andere, mindestens etwas verschieden gereihte Ablagerungen, d. h. Formationen von gleichem Alter aber von abweichender Zusammensetzung (Parallelbildungen). So sind gleichzeitig Meeres-, Süsswasser- und Sumpfformationen aus verschiedenen Gesteinen und mit verschiedenen Petrefakten abgelagert worden, während die Landflächen frei blieben«. Vergl. B. Cotta, die Geologie der Gegenwart.

zahlreichen in der Gegenwart zu beobachtenden Vorgänge durch ihre auf lange Zeiträume ausgedehnte Wirksamkeit zu einem gewaltigen Gesammteffekt für die Umgestaltung der Erdoberfläche summirten, hat Lyell durch geologische Gründe in überzeugender Weise dargethan.

Die Ursache für die ungleichmässige Entwicklung der Schichten und für die Begrenzung der Formationen haben wir vornehmlich in Unterbrechungen der Ablagerungen zu suchen, die wenn räumlich auch noch so ausgedehnt, doch nur eine lokale Bedeutung hatten. Wäre es möglich gewesen, dass irgend ein Meeresbecken während des gesammten Zeitraums der Sedimentärbildungen gleichmässig fortbestanden und nach Massgabe besonders günstiger Verhältnisse in stetiger Continuität neue Ablagerungen gebildet hätte, so würden wir in demselben eine fortschreitende und durch keine Lücke unterbrochene Reihe von Schichten finden müssen, die wir nach Formationen abzugrenzen nicht im Stande sein würden. Das ideale Becken würde nur eine einzige Formation einschliessen, in welcher wir zu allen andern Formationen der Erdoberfläche Parallelbildungen fänden. In Wirklichkeit aber erscheint überall diese ideal gedachte zusammenhängende Schichtenfolge durch zahlreiche oft grosse Lücken unterbrochen, welche den oft so bedeutenden petrographischen und paläontologischen Unterschied angrenzender Ablagerungen bedingen und Zeiträumen der Ruhe, resp. der wieder zerstörten Sedimentär-Thätigkeiten entsprechen. Diese Unterbrechungen der lokalen Ablagerungen aber erklären sich aus den stetigen Niveauveränderungen, welche die Erdoberfläche in Folge der Reaktion des feuerflüssigen Erdinhalts gegen die feste Rinde, durch plutonische und vulkanische Thätigkeit, zu jeder Zeit erfahren hat. Wie wir in der Gegenwart beobachten, dass weite Länderstrecken in allmählig fortschreitender Senkung (Westküste Grönlands, Koralleninseln), andere in langsamer saeculärer Hebung (Westküste Südamerikas, Schweden) begriffen sind, dass durch unterirdische Thätigkeit Küstengebiete plötzlich vom Meere verschlungen werden und durch plötzliche Hebung Inseln aus dem Meere emportauchen, so waren auch in den frühern Perioden Senkungen und Hebungen vielleicht ununterbrochen thätig, um einen allmähligen, seltener (und dann mehr lokal beschränkten) plötzlichen Wechsel von Land und Meer zu bewirken. Meeresbecken wurden in Folge langsamer Aufwärtsbewegung trocken gelegt und stiegen zuerst als Inselgebiete, später als zusammenhängendes Festland empor, dessen verschiedene Ablagerungen mit ihren Einschlüssen von Seebewohnern auf die einstige Meeresbedeckung zurückweisen. Umgekehrt versanken grosse Gebiete vom Festland unter das Meer, vielleicht ihre höchsten Gebirgsspitzen als Inseln zurücklassend, und wurden zur Stätte neuer Schichtenbildung. Für die erstern Ländergebiete traten Unterbrechungen der Ablagerungen ein, für die letztern war nach längerer oder kürzerer Ruhezeit der Anfang zur Entstehung einer neuen Formation bezeichnet. Da aber Hebungen und Senkungen, wenn sie auch Gebiete von grosser Ausdehnung betrafen, doch immer eine lokale Beschränkung besitzen mussten, so traten Anfänge und Unterbrechungen der Formationen gleichen Alters nicht überall gleichzeitig ein, auf dem einen Gebiete dauerten die Ablagerungen noch geraume Zeit fort, während sie auf dem andern schon längst aufgehört hatten, daher müssen denn auch die obern und untern Grenzen gleichwerthiger

Formationen nach den verschiedenen Localitäten eine grosse Ungleichförmigkeit darbieten. So erklärt es sich auch, dass die übereinander liegenden Formationen durch ungleich mächtige Schichtenreihen vertreten sind, die übrigens selten vollständig, durch Ablagerungen aus andern Gegenden zu ergänzen sind. Die gesammte Folge der bis jetzt bekannten Formationen reicht indessen nicht zur Herstellung einer vollständigen und ununterbrochenen Skala der Sedimentärbildungen aus. Es bleiben noch immer mehrfache und grosse Lücken, deren Ergänzung in späterer Zeit von dem Fortschritt der Wissenschaft vielleicht erst nach Bekanntwerden von Formationen, die gegenwärtig von dem Meere bedeckt sind, zu erwarten ist.

Unvollständigkeit der geologischen Urkunde.

Nach den bisherigen Erörterungen kann sowohl die Continuität des Lebendigen als die nahe Verwandtschaft der Organismen in den aufeinander folgenden Zeiträumen der Erdentwicklung theils aus geologischen theils aus paläontologischen Gründen als erwiesen gelten. Indessen verlangt die Darwin'sche Lehre, nach welcher das natürliche System als genealogische Stammtafel erscheint, mehr als diesen Nachweis. Dieselbe fordert vielmehr das Vorhandensein unzähliger Uebergangsformen, sowohl zwischen den Arten der gegenwärtigen Lebewelt und denen der jüngern Ablagerungen, als zwischen den Arten der einzelnen Formationen in der Reihenfolge ihres Alters, sodann den Nachweis von Verbindungsgliedern zwischen den verschiedenen systematischen Gruppen der heutigen Thier- und Pflanzenwelt, deren Aufstellung und Begrenzung nach Darwin ja nur durch das Erlöschen umfassender Artcomplexe im Laufe der Erdgeschichte zu erklären ist. Diesen Anforderungen vermag freilich die Paläontologie nur in unvollkommener Weise zu entsprechen, da die zahlreichen und fein abgestuften Varietätenreihen, welche nach der Selectionstheorie existirt haben müssen, für die bei weitem grössere Zahl von Formen in der geologischen Urkunde fehlen. Dieser Mangel, den Darwin selbst als Einwurf gegen seine Theorie anerkennt, verliert indessen seine Bedeutung, wenn wir die Bedingungen näher erwägen, unter denen überhaupt organische Ueberreste im Schlamme abgesetzt und als Versteinerungen der Nachwelt erhalten werden, wenn wir die Gründe kennen lernen, welche die ausserordentliche Unvollständigkeit der geologischen Berichte beweisen und uns ausserdem klar machen, dass die Uebergänge selbst zum Theil als Arten beschrieben sein müssen.

Zunächst werden wir nur von denjenigen Thieren und Pflanzen Ueberreste in den Ablagerungen erwarten können, welche ein festes Skelet, harte Stützen und Träger von Weichtheilen besitzen, da ausschliesslich die Hartgebilde des Körpers, wie Knochen und Zähne der Vertebraten, Kalk- und Kieselgehäuse von Mollusken und Rhizopoden, Schalen und Stacheln der Echinodermen, das Chitinskelet der Arthropoden etc. der raschen Verwesung Widerstand leisten und zu allmähliger Petrification gelangen. Von zahllosen und besonders niedern Organismen (Niedere Wirbelthiere, Nacktschnecken, Würmer, Quallen, Infusorien), welche festerer Skelettheile entbehren, werden wir daher kaum jemals

in dem geologischen Berichte ausreichende Kunde erhalten. Aber auch unter den versteinerungsfähigen Organismen gibt es grosse Classen, welche nur ausnahmsweise und durch Zufall Spuren ihrer Existenz hinterlassen haben, und das sind gerade diejenigen Formenreihen, die wir in der Gegenwart am eingehendsten in allen ihren Beziehungen verfolgen können, die Bewohner des Festlandes. Nur dann können von Landbewohnern versteinerte Ueberreste zurückbleiben, wenn ihre Leichen bei grossen Fluthen oder Ueberschwemmungen oder zufällig durch diese oder jene Veranlassung vom Wasser ergriffen und hier oder dort angeschwemmt von erhärtenden Schlammtheilen umgeben werden. Auf diese Weise erklärt sich nicht nur die relative Armuth fossiler Säugethiere, sondern auch der Umstand, dass von vielen derselben und leider gerade den ältesten (die Beutler in dem Stonesfielder Schiefer etc.) fast nichts als der Unterkiefer erhalten ist, der sich nicht nur während der Fäulniss des Leichnams sehr leicht loslöst, sondern auch durch seine Schwere dem Antriebe des Wassers am meisten Widerstand leistet und zuerst zu Boden sinkt. Obwohl es aus diesen und andern Resten erwiesen ist, dass Säugethiere schon zur Jurazeit existirten, so sind es doch erst die eocänen Säugethiere, welche einen klaren Einblick in die Gestaltung und Organisation gestatten. Auch hat man für viele Arten und Artengruppen nur ein einziges oder doch nur wenige Exemplare aufgefunden, obwohl dieselben selbstverständlich in sehr grosser Zahl und Verbreitung existirt haben. Sodann ist aus der Primär- und Secundärzeit nicht eine einzige Knochenhöhle und Süsswasserablagerung bekannt geworden. Günstiger musste sich die Erhaltung für Süsswasserbewohner, am günstigsten für die Seebevölkerung gestalten, da die marinen Ablagerungen den local beschränkten und vereinzelten Süsswasserbildungen gegenüber eine ungleich bedeutende Ausdehnung haben. Nun aber finden keineswegs zu jeder Zeit über die gesammte Ausdehnung des Meeresbodens hin so reichliche Niederschläge statt, dass die zu Boden sinkenden Organismen rasch von Schlammtheilen umschlossen und vor dem Zerfall bewahrt werden. Auch konnten sich überall da, wo Senkungs- und Hebungsperioden in kürzerer Zeit aufeinander folgten, unmöglich Ablagerungen von längerem Bestande bilden, da die dünnen Schichten, welche sich während der Senkung niederschlugen, bei der spätern Hebung durch die Wirkung der Brandung grossentheils abgespühlt oder ganz zerstört werden mussten. Auf seichtem stetbleibendem Meeresgrunde oder in weiten und seichten Meeren, welche in allmähliger Hebung begriffen sind, werden wohl Ablagerungen von grosser Ausdehnung, aber nicht von bedeutender Mächtigkeit entstehen können, selbst wenn die Niederschläge vor der Zerstörung durch die Wogen gesichert sind. Die Bildung von mächtigen Formationen scheint im Allgemeinen vornehmlich unter zwei Bedingungen stattgefunden zu haben, entweder in einer sehr grossen Tiefe des Meeres, zumal unterstützt durch die Wirkung des Windes und der Wellen, gleichviel ob der Boden in langsamer Hebung oder Senkung begriffen ist, — dann aber werden die Schichten meist verhältnissmässig arm an Versteinerungen bleiben, weil bei der relativen Armuth des Thier- und Pflanzenlebens in bedeutenden Tiefen nur Bewohner der Tiefsee zur Verfügung stehen — oder auf *seichtem, der Entwicklung eines reichen und mannichfaltigen Lebens günstigen Meeresboden, welcher lange Zeiträume hindurch in allmähliger*

Senkung begriffen ist. In diesem Falle behält das Meer ununterbrochen eine reiche Bevölkerung, so lange die fortschreitende Senkung durch die beständig zugeführten Sedimente ausgeglichen wird. Die Formationen, welche bei einer grossen Mächtigkeit in allen oder in den meisten ihrer Schichten reich an Fossilien sind, mögen sich auf sehr ausgedehntem und seichtem Meeresgrunde während langer Zeiträume allmähliger Senkung abgesetzt haben.

Wenn somit schon aus der Entstehungsweise der Ablagerungen und bei den mancherlei Schwierigkeiten der Erhaltung organischer Ueberreste in Sedimenten die grosse Lückenhaftigkeit der paläontologischen Residuen resultirt, so kommt noch die bereits früher erörterte Ursache, wesshalb sich nicht unter den jetzt lebenden Thieren und Pflanzen alle die zahlreichen unmerklichen Zwischenglieder der als Varietäten erkennbaren Abänderungen nachweisen lassen, als in gleichem Masse auf die vorzeitlichen Organismen anwendbar, zur Erklärung der grossen Unvollständigkeit des geologischen Berichtes hinzu. Auch ist in Betracht zu ziehen, dass die untersten sehr mächtigen Schichtencomplexe, in welchen die Reste der ältesten Thier- und Pflanzenwelt begraben sein mochten, durch die Gluth des feuerflüssigen Erdinnern so völlig verändert und umgestaltet worden sind, dass die eingeschlossenen Versteinerungen unkenntlich gemacht und zerstört wurden. Nur hier und da haben sich in Lagern der sog. metamorphischen Primordialgesteine Differenzirungen gefunden, welche als Ueberreste organischen Lebens (*Eozoon canadense*) gedeutet werden konnten, wenngleich die Richtigkeit einer solchen Deutung mehr als zweifelhaft erscheint. Endlich dürfen wir nicht vergessen, dass unsere Kenntniss der geologischen Formationen eine noch beschränkte ist. Nur ein kleines Gebiet der Erdoberfläche wurde bislang in allen seinen Schichten ausreichend erforscht. Ueber die geologischen Verhältnisse und Petrefacten ferner Welttheile haben wir noch von späteren Untersuchungen umfassende Aufschlüsse zu erwarten, der grösste Theil aber der Erdrinde, der ausgedehnte Meerboden mit allen seinen organischen Einschlüssen bleibt unserer Einsicht vielleicht auch in fernster Zukunft verschlossen. So wird man mit Lyell und Darwin die geologische Urkunde als eine Geschichte der Erde bezeichnen können, »die unvollständig geführt und in wechselnden Dialekten geschrieben wurde, von der auch nur der letzte bloss auf einige Theile der Erdoberfläche sich beziehende Band auf uns gekommen ist. Doch auch von diesem Bande ist nur hier und da ein kurzes Capitel erhalten und von jeder Seite sind nur da und dort einige Zeilen übrig. Jedes Wort der langsam wechselnden Sprache dieser Beschreibung, mehr oder weniger verschieden in den aufeinander folgenden Abschnitten, wird den anscheinend plötzlich umgewandelten Lebensformen entsprechen, welche in den unmittelbar aufeinanderliegenden aber weit von einander getrennten Formationen begraben liegen«.

Offenbar wird wenigstens so viel mit aller Sicherheit feststehn, dass sich nur ein sehr kleiner Bruchtheil der untergegangenen Thier- und Pflanzenwelt im fossilen Zustand erhalten konnte, und dass von diesem wiederum nur ein kleiner Theil unserer Kenntniss erschlossen ist. Desshalb dürfen wir nicht etwa aus dem Mangel fossiler Reste auf die Nichtexistenz der postulirten Lebewesen schliessen. Wenn die Zwischenvarietäten bestimmter Arten in dem Verlauf

der Formation fehlen, oder wenn eine Art zum ersten Male in der Mitte einer Schichtenfolge auftritt und alsbald verschwindet, oder wenn plötzlich ganze Gruppen von Arten erscheinen und ebenso plötzlich aufhören, so können diese Thatsachen Angesichts der grossen Unvollständigkeit des geologischen Berichtes um so weniger zur Widerlegung gegen die Selectionstheorie herangezogen werden, als für einzelne Fälle Reihen von Uebergangsformen zwischen mehr oder minder entfernten Organismen bekannt geworden sind und sich zahlreiche Arten als Zwischenglieder anderer Arten und Gattungen in der Zeitfolge entwickelt haben, als ferner nicht selten Arten und Artengruppen ganz allmählig beginnen, zu einer ausserordentlichen Verbreitung gelangen, wohl auch in spätere Formationen hinübergreifen und ganz allmählig wieder verschwinden. Diese positiven Thatsachen aber haben bei der Unvollständigkeit der versteinerten Ueberreste einen ungleich höhern Werth.

Uebergangsformen zwischen verwandten Arten.

Was die Uebergangsformen zwischen verwandten Arten betrifft, so mögen dieselben in weit grösserer Zahl vorhanden sein, als in der Paläontologie seither angenommen wurde. Allein die Mehrzahl der Formen gelten als besondere Arten. Wenn es schon dem Zoologen und Botaniker für Thiere und Pflanzen der Lebewelt gar oft unmöglich ist, dieselben als Varietäten oder Arten zu bestimmen, so gilt dies noch in viel höherm Grade für die als Petrefacten erhaltenen Reste der vormals lebenden Organismen. Dem Paläontologen steht nur die morphologische Seite des Speciesbegriffs und noch dazu in sehr unvollkommener Weise zur Verwerthung, da ja nur die festen Theile des Organismus mehr oder minder vollständig und von einer beschränkten Individuenzahl erhalten sind. In der Praxis werden vom Paläontologen Species und Varietäten unter Voraussetzungen der Linné'schen Speciesdefinition lediglich nach Rücksichten unterschieden, welche von dem jeweiligen Stande der Erfahrungen abhängig einen ganz unsichern Anhalt gewähren. Nahe verwandte oft nur durch minutiöse Unterschiede abweichende Formen gelten als besondere Arten, sobald sie ohne Uebergänge hinreichend scharf von einander abgegrenzt werden können, während wiederum recht verschiedene Formen, die durch allmählige Zwischenglieder zu verbinden sind, als extreme Varietäten betrachtet werden. Je geringer aber die Zahl der bekannten Individuen ist, auf deren Merkmale sich die Formbeschreibung gründet, um so schärfer wird in der Regel die Sonderung der Art gelingen, während die Benutzung einer sehr grossen Zahl von Individuen die Artbegrenzung bedeutend erschwert. Auch erschliessen sich unserer Kenntniss mit dem Fortschritte der Wissenschaft oft Reihen von Abstufungen und Verbindungsgliedern zwischen vormals als Arten gesonderten Formen, dann werden diese alsbald vom Range der Species zu dem der Varietät herabgesetzt. Unter den obwaltenden Verhältnissen aber leuchtet es ein, dass sich der Paläontolog überhaupt nicht in der Lage befindet, für zahllose als besondere Species unterschiedene nahe Verwandte den Beweis der Artverschiedenheit beizubringen. Art und Varietät müssen vollends für den Paläontologen ganz relative Kategorieen der Unterscheidung sein.

Von den zahlreichen [1]) Beispielen allmähliger, reihenweise zu ordnender Uebergänge, welche uns die Paläontologie liefert, möge es hier genügen, nur auf wenige hinzuweisen. Aus der so ausserordentlich reichen Formenwelt der vorweltlichen Cephalopoden sind es vornehmlich die *Ammoneen*, deren Arten in Reihen von Varietäten abändern und durch die Extreme derselben theilweise in einander übergehen. *Ammonites capricornus*, eine Charakterversteinerung des Lias, bildet den Ausgangspunkt für eine Menge bereits von Schlottheim als Spielarten erkannte Varietäten, die theilweise als besondere Arten unterschieden wurden. *A. amaltheus*, ebenfalls aus dem Lias (Amaltheenthon), bietet eine so grosse Zahl von Abänderungen, dass kein einziges seiner Kenntzeichen überall nachweisbar bleibt, glatte und bedornte, Riesen und Zwergformen mit einander wechseln. *A. Parkinsoni*, ein wichtiger Typus für die Unterregion des braunen Jura, variirt so sehr, dass man ihn als Gruppe zusammengehöriger Arten betrachten könnte. Aber auch die als Gattungen beziehungsweise Familien zu sondernden Gruppen der Ammoneen lassen sich durch Verbindungsglieder aus einander ableiten und in diesem Zusammenhange durch die allmählige Stufenreihe der Formationen verfolgen. Die ältesten Ammoneen, die *Goniatiten* (mit ungezackten winkligen Loben, aber meist noch nach unten gekehrter Siphonaldute) ähneln noch sehr den Nautiliten, aus denen sie entsprungen sein mögen und treten zuerst in der Silurformation auf. Aus ihnen entwickeln sich die vornehmlich für den Muschelkalk charakteristischen *Ceratiten* (mit einfach gezähnten Loben und glatten Sätteln, aber bereits nach oben gekehrter Siphonaldute), denen endlich die echten *Ammoniten* (mit rings gezackten und schief geschlitzten Loben) folgen. Diese letztern gewinnen eine ungemeine Verbreitung in der Juraformation und reichen bis zur Kreide hinauf, in der sie in eine grosse Anzahl von Nebenformen ohne regelmässige Spirale (*Scaphites, Hamites, Turrilites*) mit freier Entwicklung der Schalenwindung auslaufen. Schon vor dem Erscheinen des Werkes von Darwin war der direkte genetische Zusammenhang verschiedener Formen aus auf einander folgenden Schichten von Quenstedt dargethan. Mehrere Paläontologen, welche sich seitdem eingehend mit den Ammoneen beschäftigen, haben Quenstedts Nachweis bestätigt und (wie Würtemberger für die Planulaten und Armaten) im Einzelnen erweitert. »Die Existenz von Formenreihen«, sagt Neumayr [2]), »innerhalb deren jede jüngere Form von der nächst ältern nach gewisser Richtung um ein geringes abweicht, bis durch die Summirung dieser kleinen Abweichungen eine grosse Differenz von der ursprünglichen Art hervorgebracht ist, die Existenz solcher Formenreihen führt mit zwingender Nothwendigkeit zur Annahme eines genetischen Zusammenhangs«, und weiter: »Eine rationelle Classification der Ammoneen ist nur dann möglich, wenn man die bisher halb unbewusst angewendete Methode der Gruppirung der Arten nach ihrer Abstammung als erstes Grundprincip der ganzen systematischen Behandlung aufstellt und consequent darnach verfährt. Allerdings sind die Schwierigkeiten, welche die Lückenhaftigkeit

---

1) Vergl. Quenstedt, Handbuch der Petrefactenkunde. Zweite Aufl. Tübingen. 1867.

2) Neumayr, Die Fauna der Schichten mit Aspidoceras Acanthicum. Wien. 1873. pag. 144.

unserer Kenntnisse diesem Verfahren entgegensetzt, bedeutende, allein sie scheinen mir nicht unüberwindlich; die bequeme und scheinbar präcise Scheidung der Gattungen nach scharfen Diagnosen fällt weg und die Sippen verschwimmen an ihren Berührungspunkten, allein dieser Nachtheil ist nur ein scheinbarer, denn wo die Uebergänge in der Natur vorhanden sind, kann sich auch die Systematik auf die Dauer nicht über dieselben hinwegsetzen«. Würtemberger hat nun den interessanten Nachweis zu geben versucht, dass die Veränderungen der Ammoneen zuerst an der letzten Windung auftreten und nachher immer weiter auf die innern Windungen sich ausdehnen, so dass gewissermassen die Schale mit einem ältern Formtypus beginnt und dann jene Veränderungen in derselben Weise nach einander aufnimmt, wie dieselben bei der geologischen Entwicklung in langen Zeiträumen aufeinander folgen. Ebenso wie die Ammoniten haben auch die Belemniten durch ihre zahlreichen Formübergänge zur Aufstellung einer grossen Reihe nicht scharf getrennter Arten Veranlassung gegeben.

Unter den *Brachiopoden*, die in der Vorwelt unendlich mannichfaltiger als in der Gegenwart entwickelt waren, ist es vorzugsweise die Gattung *Terebratula*, deren Arten eine ausserordentliche Verbreitung besassen. *T. biplicata* reicht mit kleinen nicht scharf zu sondernden Varietäten aus dem braunen Jura bis in die Tertiärzeit. Auch sind für die Devonbrachiopoden neuerdings von Kaiser zusammenhängende Formenreihen aufgestellt worden. Von vorweltlichen Lamellibranchiaten lassen sich einige Pectenarten aus der Trias bis zum Jura verfolgen. Von Gastropoden stehen beispielweise viele Arten der Gattung *Turritella* einander so nahe, dass eine sichere Abgrenzung unmöglich ist. Die Gattungen *Turbo* und *Trochus* gehen durch Reihen vermittelnder Arten in einander über. Die in dem Steinheimer Süsswasserkalksande massenhaft angehäufte *Valvata multiformis* variirt in so zahlreichen und bedeutenden Abänderungen von ganz flach zusammengedrückten bis kreiselförmig ausgezogenen Gehäusen, dass man ohne die vorhandenen Verbindungsglieder mehrere Arten unterscheiden würde. Auch ist wahrscheinlich, dass nicht sämmtliche Varietäten bunt durch einander liegen, sondern auf verschiedene [1]) Zonen der Ablagerung vertheilt sind, indem die flachen als *planorbiformis* zu bezeichnenden Formen in den ältesten Schichten beginnen und durch allmählige Zwischenglieder der höhern Schichten in die kreiselförmige als *T. trochiformis* zu benennende Abänderung übergehn. Ein noch besseres Beispiel für den allmähligen Umbildungsprocess, welchen eine Art durch zahllose unmerkliche Abstufungen hindurch im Laufe vieler Jahrtausende erleiden kann, liefern uns die *Paludinen* aus den tertiären Ablagerungen von *Slavonien*. Dieselben ändern allmählig durch eine Reihe von Schichten hindurch in der Weise ab, dass sie starke Kanten und

1) Vergl. Hilgendorf, Ueber Planorbis multiformis im Steinheimer Süsswasserkalk. Monatsberichte der Berl. Academie. 1866. Allerdings wurde von Sandberger das Auftreten der verschiedenen Varietäten in ganz bestimmten Niveau's bestritten und behauptet, dass in jener vermeintlichen Reihe zugleich verschiedene Arten vermengt, die Varietäten aber in derselben tiefen Schichtenlage enthalten, also gleichzeitig neben einander bestanden hätten. Hilgendorf hat diese Auffassung jedoch zurückgewiesen und das gemeinsame Vorkommen in losem Sand als secundäres betrachtet.

Kiele auf der Oberfläche bekommen und in einer vollständig continuirlichen Reihenfolge allmählig die Charaktere anzunehmen, die man für bedeutend genug hält, um sie als Merkmale für die Gattung *Tulotoma* zu verwerthen (Neumayr).

Verhältniss fossiler Formen zu jetztlebenden Arten.

Von besonderer Bedeutung erscheint die Feststellung des Verhältnisses zwischen den Thieren und Pflanzen der Gegenwart und denen der jüngsten und jüngern Ablagerungen. Neben den zahlreichen Resten von identischen oder nur wenig abgeänderten Arten werden wir im Diluvium und in den verschiedenen Formationen der Tertiärzeit für zahlreiche jetzt lebende Arten die unmittelbar vorausgehenden Stammformen finden müssen. Zugleich aber werden die faunistischen Charakterzüge, die wir gegenwärtig für die lebende Thierwelt der verschiedenen Continente und geographischen Provinzen beobachten, durch die in den jüngsten Schichten begrabenen Ueberreste ihrer Stammeltern vorbereitet erscheinen.

Und in der That entspricht die Aufeinanderfolge von nahestehenden Arten und Gattungen eigenthümlicher für bestimmte Ländergebiete noch jetzt charakteristischer Thiergruppen in den diluvialen und tertiären Ablagerungen der gleichen Oertlichkeiten, die nahe Beziehung ausgestorbener Thierformen zu den auf demselben Continente noch jetzt lebenden Thieren durchaus den Anforderungen, welche die Lehre gemeinsamer Abstammung mit fortschreitender Abänderung stellt. Zahlreiche fossile Säugethiere aus dem Diluvium und den jüngsten (pliocänen) Tertiärformationen Südamerikas gehören den noch jetzt in diesem Welttheil verbreiteten Typen aus der Ordnung der Edentaten an. Faulthiere und Armadille von Riesengrösse (*Megatherium*, *Megalonyx*, *Glyptodon*, *Toxodon* etc.) bewohnten ehemals denselben Continent, dessen lebende Säugethierwelt durch die Faulthiere, Gürtelthiere und Ameisenfresser ihren so specifischen Charakter erhält. Neben jenen Riesenformen sind aber in den Knochenhöhlen Brasiliens auch kleine, ebenfalls ausgestorbene Arten bekannt geworden, die den jetzt lebenden theilweise so nahe stehen, dass sie als deren Stammformen gelten könnten. Dieses Gesetz, »der *Succession gleicher Typen*« an denselben Oertlichkeiten, findet auch auf die Säugethiere Neuhollands Anwendung, deren Knochenhöhlen zahlreiche mit den jetztlebenden Beutlern dieses Continents nahe verwandte Arten enthalten. Dasselbe gilt ferner für die Riesenvögel Neuseelands und, wie Owen und andere zeigten, auch für die Säugethiere der alten Welt, die freilich durch die circumpolare Brücke mit der Nordamerikanischen in Continuität standen, und von der auf diesem Wege zur Tertiärzeit altweltliche Typen selbst bis nach Nordamerika gelangen konnten. In ähnlicher Weise haben wir das Vorkommen centralamerikanischer Typen (*Didelphys*) in den ältern und mittlern Tertiärformationen Europas zu erklären. Für die Thierwelt dieses Alters war freilich noch viel weniger als für die der späteren Tertiärzeit die Unterscheidung von Thierprovinzen durchführbar.

Merkwürdigerweise tritt die Annäherung vorweltlicher Arten an die der Jetztwelt bei den tiefer stehenden und einfacheren Organismen weit früher auf, als bei den Thieren höherer Organisation. Schon in der Kreide kommen nach Ehrenberg Rhizopoden vor, welche von lebenden Arten (Globigerinaschlamm) nicht abzugrenzen sind. Auch haben die Tiefseeforschungen [1]) das interessante Resultat ergeben, dass gewisse Spongien, Korallen und Echinodermen, sowie selbst Mollusken, welche lebend die Tiefe der See bewohnen, bereits zur Kreidezeit existirt haben (Carpenter). Unter den Weichthieren treten eine grössere Zahl lebender Arten in der ältesten Tertiärzeit auf, deren Säugethierfauna freilich einen von der gegenwärtigen noch ganz verschiedenen Charakter trägt. Die Mollusken der jüngern Tertiärzeit stimmen schon in der Mehrzahl ihrer Arten mit den jetztlebenden überein, während die Insekten jener Formationen noch recht bedeutend abweichen.

Dagegen sind die Säugethiere selbst in den postpliocänen (diluvialen) Ablagerungen zum Theil den Arten und sogar den Gattungen nach verschieden, obwohl sich eine Reihe von Formen über die Eiszeit hinaus in unsere gegenwärtige Epoche hinein erhalten haben. Gerade aus diesem Grunde aber und wegen der relativen Vollständigkeit der tertiären Ueberreste erscheint es von besonderem Interesse, die recente Säugethierfauna durch die pleistocenen Formen bis in die älteste Tertiärzeit zurück zu verfolgen. Unter allen Thieren wird es am ersten für die Säugethiere gelingen, den Verbindungsfäden heutiger und fossiler Formen nachzuspüren und die Stammformen einer Reihe von Arten sowie das genetische Verhältniss einzelner Familien und selbst Ordnungen wahrscheinlich zu machen. Dieser Voraussetzung entsprechend sind auch neuerdings von verschiedenen Forschern eine Reihe solcher Versuche gemacht worden, unter denen in erster Linie neben Rütimeyer's und Kowalevsky's Untersuchungen die umfassende Arbeit von Gaudry [2]) hervorzuheben sein dürfte. Rütimeyer unternahm es zuerst, die Grundlinien zu einer paläontologischen Entwicklungsgeschichte für die *Hufthiere* und vornehmlich die *Wiederkäuer* [3]) zu entwerfen und ist, gestützt auf sehr detaillirte geologische und

---

1) In der Tiefe des Oceans, in welcher trotz des grossen Luftdruckes, des beschränkten Lichtes und Gasgehaltes des Wassers, die Bedingungen für die Entwicklung des Thierlebens ungleich günstiger sind, als man früher glaubte, finden wir Typen früherer und selbst der ältesten geologischen Formationen erhalten (*Rhizocrinus Lofotensis — Apiocriniten; Pleurotomaria, Siphonia, Micraster, Pomocaris — Trilobiten?*)

2) Albert Gaudry, Les enchainements du monde animal dans les temps géologiques Mammiferès tertiaires. Paris. 1878. Vergleiche auch Marsh und Wallace.

1) Rütimeyer, Versuch einer natürlichen Geschichte des Rindes etc. Schweizer Denkschriften. XXII. 1867. R. hat sehr richtig in dem Milchgebiss ein für den Nachweis der Blutsverwandtschaft ausserordentlich wichtiges Besitzthum erkannt und demselben einen ganz ähnlichen Werth zur Beurtheilung der Abstammung beilegen können, den wir oben bereits für die Entwicklung durch Metamorphose den Larvenstadien als Recapitulationen des Entwicklungsganges der Art eingeräumt hatten. Das Milchgebiss erscheint in der That gewissermassen als vererbtes Familieneigenthum, das definitive Gebiss dagegen als erworbenes Besitzthum eines engern, besondern Ernährungsbedingungen angepassten Kreises. Das Milchgebiss wiederholt die Einrichtungen alter Stammformen. Beispielsweise entspricht das von *Dicotyles* dem definitiven Gebisse der

anatomische (Milchgebiss) Vergleichungen zu Resultaten gelangt, welche es nicht bezweifeln lassen, dass ganze Reihen heutiger Säugethierspecies unter sich und mit fossilen in collateraler oder direkter Blutsverwandtschaft stehen. So haben denn auch die jüngsten umfassenden Arbeiten W. Kowalevsky's [1]) Rütimeyer's Versuch im Princip durchaus bestätigt und auf Grund sorgfältiger und eingehender Beobachtungen die Aufstellung einer natürlichen genetisch begründeten Classifikation der Hufthiere möglich gemacht.

Die älteste Tertiärfauna Europas, wie wir sie aus den Resten des Eocäns kennen, findet, wenn gleich durch ganz andere Säugethiergattungen vertreten, ihre nächste Parallele in der gegenwärtigen Bevölkerung des tropischen Afrikas [2]), greift indessen mehrfach nach Asien und Amerika über und scheint die Wurzelformen für die heutzutage über den Tropengürtel der alten und neuen Welt, vornehmlich aber Afrikas ausgebreitete Thierwelt zu enthalten. Sodann ergibt die eingehende Prüfung der miocänen oder mitteltertiären Bevölkerung, die zwar in Europa schärfer von der eocänen abgegrenzt erscheint, in Nordamerika dagegen durch Zwischenformen mit der ältern verbunden ist, dass die miocänen Arten ihrem Ursprung nach auf die eocänen zurückzuführen sind. Hier finden wir in den Ablagerungen der *Nebraska* die in Europa bisher vermissten Uebergangsglieder der altweltlich eocänen *Anoplotherien* und *Palaeochaeriden* zu den specifisch amerikanischen Wiederkäuern und Schweinen und erkennen in dem übrigens auch in Europa mehrfach gefundenen dreihufigen *Anchitherium* das Verbindungsglied zwischen dem alteocänen *Orohippus* (bei dem auch die kleine Zehe neben den drei andern den Boden berührenden Zehen als grosse Afterzehe ausgebildet war) und dem zu den pliocänen Pferden führenden *Hipparion.* Nach Marsh wird durch die zahlreichen Funde in Amerika die Genealogie der Gattung *Equus* ausserordentlich vollständig, indem sich zwischen dieser und *Urohippus* nicht weniger als 30 auf eine Reihe von Gattungen [3]) vertheilte Arten einschalten lassen. Neben den Veränderungen in der Fussbildung nimmt die Umgestaltung im Gebiss einen hervorragenden Platz ein. Die ältesten Formen des Eocän zeigen die einfachsten Schmelzfalten der Backzähne, während die Anchitherien schon Complikationen gewinnen, an welche das Milchgebiss des *Hipparion* erinnert. Dies bleibende Gebiss jüngerer miocäner und plioäner Pferde wiederholt sich endlich im Milchgebiss der recenten

---

Palaeochaeriden, das Milchgebiss unseres Pferdes steht dem bleibenden Gebiss des fossilen Pferdes näher als sein Ersatzgebiss, das vom fossilen Pferde ähnelt dem definitiven Gebiss von *Hipparion,* dessen Milchgebiss wieder auf *Anchitherinm* zurückweist.

1) Waldemar Kowalevsky, Monographie der Gattung Anthracotherium Cuv. und Versuch einer natürlichen Classifikation der fossilen Hufthiere. I. Theil. Cassel. Th. Fischer. 1873.

2) welches in einer verhältnissmässig neuen Periode durch ein breites, Malta und Sicilien umschliessendes Plateau sowie durch eine Brücke von Festland an der Meerenge von Gibraltar mit Europa verbunden war.

3) *Urohippus, Myohippus, Anchitherium, Pliohippus, Hipparion, Equus.* Vergleiche die Arbeiten von Hensel, Rütimeyer, Kowalevsky sowie Marsh, Notice of new Equine Mammales from the tertiary formation (American Journal of sciences and arts vol. VII. 1874).

Formen, deren Backzähne bezüglich der Schmelzfalten die grösste Specialisirung zeigen, der Zahl nach aber mit der Stammart verglichen (Wolfszahn im Milchgebiss) vermindert sind.

Aehnliche Abänderungen, welche zu immer grösserer Specialisirung führten, haben auch die Wiederkäuer im Laufe der Tertiärzeit durchlaufen. Wahrscheinlich sind die meisten ihrer Typen ihrem Ursprung nach auf plumpe Hufthiere zurückzuführen, welche mit vier Zähnen auch Schneidezähne im Zwischenkiefer und Eckzähne besassen, den Boden berührten und dann eine Spaltung des Fusses bei vorwiegender Entfaltung der zwei Mittelzehen unter Rückbildung der Seitenzehe erfuhren, sowie die Besonderheiten des Gebisses zur Ausbildung brachten. Solche wahrscheinlich auch in der Magenbildung vereinfachten noch nicht wiederkäuenden Paarhufer oder Artiodactylen (*Anoplotherien*) müssen sich schliesslich zu Stammformen zurückverfolgen lassen, von welchen auch die *Suiden* (*Palaeocheriden*) und *Rhinoceriden* abzuleiten sind. Neben den Paarhufern aber waren schon zur alten Tertiärzeit die Unpaarzehigen Hufthiere oder Perissidactylen (*Palaeotherien*), auf welche die Pferde zurückzuführen sind, gesondert, und man hat wohl auf die jüngern Formationen der mesozoischen Periode zurückzugreifen, um den gemeinsamen Ausgang für beide Hufthiergruppen zu finden. Aber leider stossen wir hier auf eine unverhältnissmässig grosse Lücke, da auch in den Kreideschichten Amerikas, welches so reich an tertiären Säugethierresten ist, bislang keine solchen gefunden wurden. Bei den noch unbekannten ältesten Hufthieren wird ursprünglich die Fussbildung einen indifferenten Charakter (Vorderfuss des Tapir) gehabt haben, aus welchem sich dann die tetradaktyle vielleicht bereits im Beginn der Reduktion begriffene Fussform mit einem Hauptpfeiler von der Fussform mit zwei gleichmässig starken Centralstützen schärfer und bestimmter sonderte.

Schon im untern Eocän sonderten sich nun aber die Paridigitaten (*Artiodactylen*) in Gattungen mit Höckerzähnen (*Bunodonta*) und solche mit halbmondförmigen Zähnen (*Selenodonten*), deren Extremitäten noch überaus ähnlich gestaltet waren. Die Zwischenformen reichen nicht über die obere Grenze des Eocäns hinaus. Nun trat aber als für die Bewegung, Ernährung und Erhaltung nützlich eine fortschreitende Reduktion der Zehen ein. Unter den Bunodonten traten die Suiden an Stelle der weniger reducirten alten Palaeochaeriden. Die schon im Untermiocän der Auvergne lebenden Selenodontengattungen mit reducirten Zehen verdrängen allmählig die alten Anthracotherien, Hyapotamen und Anisodonten und gestalten sich zu den gegenwärtig in reicher Blüthe entfalteten Wiederkäuern. Unter diesen aber werden die älteren hornlosen Formen mit vollständigem Gebiss durch Geweihträger und Hohlhörner mit specifischem Wiederkäuergebiss ohne Eckzähne und obere Schneidezähne ersetzt, indem neben den mit allen Zahnarten versehenen Moschusthieren zuerst Hirsche und später Antilopen und Rinder erschienen. Unter den Rindern, deren Ursprung wahrscheinlich auf Antilopen zurückführt, sind die Büffel die ältesten. Die asiatische Gruppe derselben scheint in dem miocänen *Hemibos* oder *Probubalus sivalensis* der sivalischen Hügel Indiens, mit welchem der lange Zeit für eine Antilope gehaltene *Anoa* von Celebes ganz

nahe verwandt ist, ihre Stammform gehabt zu haben. Der spätere pliocäne *Bubalus paläindicus* mit rinderartig verkürztem Hinterhaupte weicht von der stark gehörnten Varietät des continental-asiatischen Büffels, dem Arni, nur wenig durch die stärkern Hörner ab, ohne desshalb durch grössere Unterschiede, als sie die verschiedenen Individuen des heutigen asiatischen Büffels unter einander zeigen, von denselben getrennt zu sein. Für die Ableitung der beiden afrikanischen Büffel (*B. brachyceros* und *caffer*) fehlen bislang noch die Verbindungsglieder, die wir wahrscheinlich in noch unbekannten fossilen Formen Afrikas zu suchen haben. Für die beiden jetzt lebenden Auerochsen, dem *Bison americanus* und *europaeus* ist wahrscheinlich der über beide Continente (über Amerika in den beiden als *B. latifrons* und *antiquus* unterschiedenen Abänderungen) verbreitete diluviale *Bison priscus*, welcher eine merkwürdige Mischung der Charaktere zeigt, die gemeinsame Stammform gewesen. Die Rinder im engern Sinne führt Rütimeyer auf eine Wurzelform zurück, welche im pliocänen Terrain Italiens als »*Bos etruscus*« fossil gefunden wird. Mit dem primitiven Schädelbau dieser fossilen Rinderart stimmt ein noch lebendes Rind, der *Banting* [1]) (*Bos sondaicus*) sowohl in seiner Jugend als im erwachsenen Alter des weiblichen Geschlechtes überein. Wir finden an dem Schädel dieses Thieres in den verschiedenen Altersstufen beiderlei Geschlechts eine solche Fülle von Modalitäten, dass wir den Banting gewissermassen als eine Quelle künftiger Species signalisiren dürfen (Rütimeyer). Zweigformen desselben, die bereits stabil geworden in weit engern Formgrenzen sich bewegen, scheinen der auf dem indischen Continent verbreitete, vom *Gayal* specifisch nicht zu trennende *Gaur* (*Bos Gaurus*) und der den Gebirgsregionen Centralasiens angehörige *Yak* (*Bos grunnies*) zu sein. Eine noch direktere Beziehung ergibt sich zwischen Banting und dem Indischen Buckelochsen, dem *Zebu* (*Bos indicus*), der in Asien und Afrika als Hausthier eine weite Verbreitung erhalten hat und noch in höherem Grade als das europäische Rind variirt. Wahrscheinlich aber ist fremder Beimischung, Kreuzung mit dem indischen Büffel etc., die seit allen Zeiten in reichlichem Masse stattfand, ein Antheil an der grossen Variabilität beizulegen. Die schlechthin als europäische Rinder zu bezeichnenden *Taurinen* endlich stehen ihrer Schädelform nach als die äussersten Endglieder der Reihe da, obwohl sie allerdings schon in der pliocänen

---

1) Rütimeyer urtheilt über die Schädelform dieses auf Java, Borneo etc. lebenden Rindes: »Wenn irgendwo die strenge anatomische Beobachtung eines noch heute vor unseren Augen lebenden Säugethiers die Ueberzeugung tief einprägen muss, dass Mittelformen zwischen verschiedenen, sei es lebenden, sei es fossilen Species existiren, so geschieht dies am Banting, wo wir vom jungen weiblichen Thiere bis zum erwachsenen männlichen, ja selbst an einem Individuum in dem kurzen Zeitraum weniger Jahre alle Modifikationen des Schädels sich Schritt für Schritt verwirklichen sehen, welche die Familie der Büffel vom miocänen Hemibos bis zum heutigen Bubalus caffer oder die Familie der Rinder von dem pliocänen Bos etruscus bis zum heutigen Taurus in langer Reihenfolge geologischer Perioden durchgemacht hat. Würden wir die verschiedenen Alters- und Geschlechtsstufen des Banting an verschiedenen Wohnorten lebend oder in verschiedenen geologischen Terrains fossil antreffen, so würde jeder Anatom sich berechtigt glauben, daraus verschiedene Species zu bilden«.

Zeit und noch dazu auf asiatischem Boden einen Repräsentanten haben (*Bos nomaticus*). Die Parallelform zu demselben tritt in Europa erst im Diluvium als *Bos primigenius* (*frontosus*) auf und ist zugleich mit *Bos brachyceros*, deren wilde Form freilich noch nicht nachgewiesen wurde, als Stammart der vielen in Europa verbreiteten Rinderrassen anzusehen.

Neuerdings hat man freilich noch ein kurzköpfiges Rind (*Bos brachycephalus*) als einen dritten jenen beiden Typen gleichwerthig unterschieden und die Ansicht aufgestellt. dass dasselbe seiner Entstehung nach vom Bison abzuleiten sei; Rütimeyer hat jedoch gezeigt, dass es sich bei den bezüglichen Rinderrassen lediglich um den Beginn derselben Schädelmodifikation (Mopsbildung) handelt, welche für das *Niata*-Rind der südamerikanischen Pampas den höchsten Grad erreicht und bei so vielen dem Einfluss des Menschen ausgesetzten Hausthieren (Hund, Schwein, Schaf, Ziege) wiederkehrt.

Für die meisten Säugethierordnungen, wie für die Nager, Fledermäuse, Proboscideen, Walthiere etc. lassen sich freilich zur Zeit die Wurzeln ihres Urspungs nicht näher zurückverfolgen, während für einzelne Ordnungen, wie Halbaffen, Carnivoren, Hufthiere und Nager in Resten ausgestorbener Typen merkwürdige Zwischenglieder entdeckt worden sind. Für diese erscheinen wiederum die Tertiärformationen Nordamerikas von hervorragender Bedeutung. Hier lebten im Eocän (Wyoming) die *Tillodonten* [1]) mit der Gattung *Tillotherium*, welche einen breiten bärähnlichen Schädel, zwei breite Schneidezähne wie ein Nager und Backzähne nach Art der Palaeotherien besass, während die fünfzehigen Füsse mit starken Klauen bewaffnet waren. Ebenso vereinigten sich im Skeletbau Eigenthümlichkeiten von Carnivoren und Hufthieren. Die *Dinoceraten* (*Dinoceras laticeps, mirabile*) waren gewaltige Hufthiere mit fünfzehigen Füssen und sechs Hörnern auf dem Kopf, ohne Schneidezähne im Zwichenkiefer, mit gewaltigen hauerartigen Eckzähnen im Oberkiefer und sechs Backzähnen. Ein dritter Typus der *Brontotheriden* [2]) trug quergestellte Hörner vor den Augen und erreichte Elephantengrösse. Ausser den genannten sind aber noch eine Reihe anderer Säugethiergruppen, deren Ueberreste in weit jüngere Schichten reichen, aus der Lebewelt völlig geschwunden, unter ihnen die südamericanischen *Megatheriden* (*Mylodon, Megatherium*) aus der Ordnung der Edentaten, sowie die *Toxodonten*, deren Schädel und Gebiss mit Hufthieren, Nagern und Edentaten Beziehungen bietet. Indessen sind auch viele andere Typen, insbesondere von Hufthieren, welche zur Tertiärzeit in beiden Erdhemisphären lebten, in America ausgestorben, während sie sich im Osten bis zur Gegenwart erhalten haben. Elephanten und Mastodonten, Rhinoceriden und Equiden reichen dort zwar in die Diluvialzeit, aber nicht in die recente Periode hinein. Von Perissodactylen blieb in Amerika ausschliesslich die Gruppe der Tapire erhalten, die auch in der östlichen Erdhälfte in ostindischen Arten fortlebt.

---

1) Vergl. O. C. Marsh, Principal Characters of the Tillodontia. Amer. Journal of Sciences and Arts vol. XI. 1876. Derselbe, Principal Characters of the Dinocerata. Ebendaselbst. 1876.

2) Derselbe, Principal characters of the Brontotheridae. Ebendaselbst. 1876.

Uebrigens hat auch das paläarktische Gebiet ausgestorbene Zwischengruppen von Säugethieren aufzuweisen, von denen uns tertiäre Reste überkommen sind. In den Phosphoriten von Quercy [1]) in Südfrankreich finden sich Schädelreste von Halbaffen (*Adapis*), deren Bezahnung das Gebiss von alten Hufthieren und Lemuren verbindet (*Pachylemuren*), sodass die Frage aufgeworfen werden konnte, ob nicht die Halbaffen mit mehreren eocänen Hufthieren (Dickhäutern) einen gemeinsamen Ursprung gehabt haben. An den gleichen Oertlichkeiten aber treten auch merkwürdige sehr wohl erhaltene Knochenreste eigenthümlicher Carnivoren, der *Hyaenodonten*, auf, über deren Natur als Beutelthiere man längere Zeit im Zweifel war, bis Filhol aus den Ersatzzähnen des bleibenden Gebisses die Natur als placentale Carnivoren wahrscheinlich machte. Die grosse Uebereinstimmung aber der Backzähne dieser *Hyaenodonten* mit denen fleischfressender Marsupialien, sowie die geringe Grösse der Schädelhöhle und somit die relativ geringe Ausbildung des Gehirns dürften die aus zahlreichen andern Gründen wahrscheinlich gemachte Ansicht unterstützen, dass sich die placentalen Säugethiere aus Beutelthieren während der mesozoischen Zeit entwickelt haben.

In den ältesten Schichten des Eocän erscheinen freilich in beiden Erdhälften die höhern placentalen Säugethiere schon in reicher Gestaltung und in ausgeprägten Gegensätzen (*Artiodactylen*, *Perissodactylen*), indessen ist kein Grund vorhanden, die unermessliche Periode bis herab zu dem Keuper, in welchem bislang die ältesten Säugethierreste als Zähne und Knochen von Insekten-fressenden Beutelthieren gefunden wurden, als die Zeit zu betrachten, in welcher sich diese höhere Entwicklung des Säugethierorganismus vollzogen hat, aus der bislang freilich nur höchst spärliche Reste (Jura, England) von Beutlern bekannt wurden.

Noch auf zahlreichen anderen Gebieten hat uns die Paläontologie mit Verbindungsgliedern von Thiergruppen, selbst von Ordnungen und Classen bekannt gemacht. Die ältesten Insektenreste aus der Steinkohlenformation verknüpfen Merkmale der Orthopteren und Neuropteren. Die ebenfalls sehr alten vornehmlich im Silur verbreiteten und später erloschenen Trilobiten scheinen mit den gigantischen *Merostomen* (*Pterygotus*) und *Xiphosuren*, von denen sich die Gattung Limulus bis in die Gegenwart lebend erhalten, in naher Verwandtschaft gestanden zu haben, während von den Merostomen aus als Seitenzweig die Scorponidengruppe sich entwickelt haben dürfte. Die *Labyrinthodonten*, die ältesten schon in der Steinkohlenformation auftretenden Lurche zeigen mehrfache Charaktere der Fische (Knochenschilder der Brust etc.) und besassen ein knorpliges Skelet. Zahlreiche fossile Sauriergruppen begründen Ordnungen und Unterordnungen (Halosaurier, Dinosaurier, Pterodactylier, Thecodonten), aus denen sich kein einziger Repräsentant in die Gegenwart erhalten hat, andere wiederum liefern Verbindungsglieder zu recenten Ordnungen, wie neuerdings eine solche Beziehung der »pythonomorphen« (der Gattung *Mosa-*

---

1) Vergl. H. Filhol, Recherches sur les Phosphorites du Quercy, Etude des fossiles qu'on y rencontre et spécialement des Mammifères. Ann. sciences géoliques vol. VII. 1876.

saurus verwandten) Echsen aus der Kreide Amerikas im Schädel- und Kieferbildungbau zu den Schlangen nachgewiesen wurde. Nach Owens Untersuchungen über die fossilen Reptilien des Caplandes lebten dort einst Reptilien (*Theriodonten*), welche in Gebiss- und Fussgestaltung sich auffallend fleischfressenden Säugethieren näherten. Die Zähne derselben, wenn auch einwurzelig, sind als Schneide-, Eck- und Backzähne zu unterscheiden und geben zu Betrachtungen Anlass, nach denen möglicherweise das Gebiss der ältesten bislang bekannten Beutelthiere (Keuper) aus einem Theriodonten-ähnlichen Reptiliengebiss abzuleiten ist. Selbst für die streng abgeschlossene, in dem Körperbau einförmige Classe der Vögel wurde vor zwei Decennien freilich nur in einem einzigen unvollständigen Abdruck des Sohlenhoferschiefers eine Uebergangsform zu den Reptilien (*Archaeopteryx lithographica*) entdeckt, welche von dem Vogeltypus abweichende Einrichtungen der Flugwerkzeuge besass, vornehmlich statt des kurzen mit senkrechter Knochenplatte abschliessenden Vogelschwanzes einen langen aus zahlreichen (20) Wirbeln zusammengesetzten Reptilschwanz mit zweizeilig angeordneten Steuerfedern trug und sich sowohl in der Gliederung der Wirbelsäule als in dem Bau des Beckens den langschwänzigen Flugeidechsen annäherte. Dieser merkwürdige Ueberrest aus dem obern Jura, dessen eigenthümliche Combination von Charakteren zu der Frage Veranlassung geben konnte, ob man ein Reptil mit Vogelfedern — wie in der That A. Wagner glaubte (*Gryphosaurus*) — oder einen Vogel mit Reptilschwanz vor sich habe, macht uns mit einer erloschenen Uebergangsgruppe von Sauropsiden bekannt, die zur mittleren Secundärzeit vielleicht in grosser Artenzahl lebte. Der Fund eines zweiten vollständigern Exemplares von *Archaeopteryx* hat uns mit dem Gebiss dieser Thiere bekannt gemacht, welches spitze in den Kiefern eingekeilte Zähne trug. Inzwischen aber wurden amerikanische Vogeltypen aus der Kreide entdeckt, welche unter einander und von den Saururen (*Archaeopteryx*) viel weiter als jetzt lebende Vögel irgend welcher Ordnung divergiren. Dieselben von Marsh[1] als *Odontornithes* bezeichnet und als Subclasse unterschieden, besassen Zähne in den schnabelartig verlängerten Kiefern. Die einen (Ordnung *Ichthyornithes*) hatten biconcave Wirbel, eine Crista sterni und wohl entwickelte Schwingen (*Ichthyornis*), die andern (*Odontolcae*) mit Zähnen in Gruben und normalen Wirbeln, ohne Brustbeinkiel und mit rudimentären Schwingen, waren flugunfähig (*Hesperornis s. Lestornis*). Möglicherweise wird es später noch gelingen, durch Entdeckungen neuer Typen die Verbindung mit den Dinosauriern (*Compsognathus*) herzustellen, deren Becken- und Fussbildung nähere Beziehungen zu den gleichen Körpertheilen der Vögel bieten.

1) O. C. Marsh, On a new subclass of fossil Birds (*Odontornithes*). American Journal of science and arts vol. V. 1873. Derselbe, On the Odontornithes or birds with teeth. Ebendas. vol. X. 1875.

Nachweis progressiver Vervollkommnung.

Vergleichen wir, von den ältesten Formationen an aufsteigend, die Thier- und Pflanzenbevölkerungen der zahlreichen aufeinanderfolgenden Perioden der Erdbildung, so wird mit der allmähligen Annäherung an die Fauna und Flora der Jetztwelt im Ganzen und Grossen ein stetiger Fortschritt vom Niedern zum Höheren offenbar. Die ältesten Formationen der sog. archäischen Zeit, deren Gesteine sich freilich grossentheils in metamorphischem Zustande befinden, ihrer ungeheuren Mächtigkeit nach aber unermessliche Zeiträume zu ihrer Entstehung nothwendig gehabt haben, führen — von dem zweifelhaften *Eozoon canadense* in den untersten laurentischen Schichten abgesehen — keine versteinerten Ueberreste. Immerhin aber weist schon das Vorkommen bituminöser Gneise in den alten Formationen auf die damalige Existenz organischer Stoffe hin. Die gesammte und gewiss reichhaltige Organismenwelt der ältesten und ältern Perioden ging unter, ohne deutlichere Spuren als die Graphitlager der krystallinischen Schiefer zurückzulassen. In den ältesten und sehr umfangreichen Schichtengruppen der palaeozoischen Zeit, die als Cambrische, Silurische und Devonische Formationen (Uebergangsgebirge oder Grauwackenformation) unterschieden werden, finden sich aus der Pflanzenwelt noch auschliesslich Cryptogamen, besonders Tange, die unter dem Meere mächtige und formenreiche Waldungen bildeten. Zahlreiche Seethiere aus sehr verschiedenen Gruppen, Zoophyten, Weichthiere (namentlich *Brachiopoden*), Krebse (Larvenähnliche *Hymenocaris, Trilobiten*) und Fische, letztere mit höchst eigenthümlichen, einer tiefen Organisationsstufe entsprechenden gepanzerten Formen (*Cephalaspiden*) belebten die warmen Meere der Primärzeit. Erst in der Steinkohle treten die ältesten Reste von Landbewohnern, Amphibien (*Apatheon, Archegosaurus*) mit Chorda und Knorpelskelet, ferner Insekten und Spinnen auf, in den Formationen der Dyas erscheinen dann Reptilien in grossen eidechsenartigen Formen (*Proterosaurus*), während noch immer die Fische, aber ausschliesslich Knorpelfische und Ganoiden mit Chorda dorsalis und unter den Pflanzen die Gefässcryptogamen (Baumfarrn, Lepidodendren, Calamiten, Sigillarien, Stigmarien) dominiren.

In der Secundärzeit, welche die Formationen des Trias, des Jurasystems und der Kreide umfasst, erlangen von Wirbelthieren die Eidechsen und in der Pflanzenwelt die bereits schon zur Steinkohlenzeit vereinzelt auftretenden Nadelhölzer und Cycadeen eine solche vorwiegende Bedeutung, dass man nach ihnen wohl die ganze Periode als das Zeitalter der Saurier und Gymnospermen genannt hat. Unter den ersteren sind die colossalen auf das Land angewiesenen Dinosaurier, die Flugeidechsen oder Pterodactylier und die Seedrachen oder Halosaurier mit den bekanntesten Gattungen *Ichthyosaurus* und *Plesiosaurus* der Secundärzeit ganz eigenthümlich. Auch Säugethiere finden sich schon, freilich mehr vereinzelt, sowohl in den obersten Schichten des Trias als im Jura und zwar ausschliesslich der niedersten Organisationsstufe der Beutler

angehörig. Blüthenpflanzen erscheinen zuerst in der Kreide, die auch die ältesten Reste entschiedener Knochenfische einschliesst.

Aber erst in der Tertiärzeit erlangen die Blüthenpflanzen und die Säugethiere, unter denen auch die höchste Ordnung der Affen ihre Repräsentanten findet, eine so vorwiegende Entfaltung, dass man diesen Zeitraum als den der Laubwälder und Säugethiere bezeichnen kann. In den obern Tertiärablagerungen steigert sich dann die Annäherung an die Gegenwart für Thiere und Pflanzen stufenweise. Während zahlreiche niedere Thiere und Pflanzen nicht nur der Gattung, sondern auch der Art nach mit lebenden identisch sind, gewinnen auch die Arten und Gattungen der höhern Thiere eine grössere Aehnlichkeit mit denen der Gegenwart. Mit dem Uebergang in die diluviale und recente Zeit nehmen unter den Blüthenpflanzen die höheren Typen an Zahl und Verbreitung zu, und wir werden in allen Ordnungen der Säugethiere mit Formen bekannt, welche in ihrem Bau nach bestimmten Richtungen immer eingehender specialisirt und desshalb vollkommener erscheinen. Im Diluvium finden wir erst unzweifelhafte Spuren für das Dasein des Menschen, dessen Geschichte und Culturentwicklung nur den letzten Abschnitt des relativ so kleinen recenten Zeitraums ausfüllt.

So unvollständig auch die geologische Urkunde sein mag, so genügt doch das von ihr gebotene Material zum Nachweise einer fortschreitenden Entwicklung von einfacheren und niederen zu complicirteren und höheren Organisationsstufen, zur Bestätigung des Gesetzes fortschreitender Vervollkommnung [1]) auch für die Aufeinanderfolge der Gruppen. Freilich vermögen wir nicht den ganzen Verlauf des Fortschritts zu übersehen, da die Organismenwelt der ältesten und umfassendsten Zeitperioden fast vollständig aus der Urkunde verschwunden ist, sondern sind darauf beschränkt, die letzten Glieder der Entwicklungsreihe zum Nachweise der Vervollkommnung zu verwerthen.

---

1) Offenbar hat die Begriffsbestimmung der Vervollkommnung mit mancherlei Schwierigkeiten zu kämpfen, da wir keinen absoluten Massstab für die Beurtheilung der Vollkommenheitsstufen haben. Die einen Organismengruppen desselben Typus und derselben Classe nehmen in dieser, die anderen in jener Richtung eine höhere Stellung ein, wie die Knochenfische in dem Erhärtungsgrade des Skelets, die meisten Knorpelfische in der Ausbildung der gesammten Organisation. Organismen aus verschiedenen Classen (wie etwa Papagei und Maus) sind nur äusserst schwer, solche aus verschiedenen Typen (wie Tintenfisch und Honigbiene) oft gar nicht nach der Höhe ihrer Organisationsstufe zu vergleichen. Immerhin wird es möglich sein, das Verhältniss der weitern und engern Typen zu einander im Grossen und Ganzen nach dem Massstabe der Differenzirung zu beurtheilen und darnach die Höhe der Organisation zu bestimmen. Auch für die nahestehenden Glieder derselben Gruppe ist der Grad der Specialisirung und Arbeitstheilung für die Stufe der Vollkommenheit entscheidend.

Zurückweisung einer Vervollkommnungstendenz als Erklärungsprincip.

Wenn wir aber nach den erörterten Thatsachen und Erscheinungen des Naturlebens die Transmutations- und Descendenzhypothese nicht mehr von der Hand zu weisen im Stande sind, sondern für wohlbegründet und gesichert halten, so muss insbesondere zur Erklärung des Weges, auf welchem sich die Umwandlung der Arten vollzieht, Darwin's Selectionstheorie der höchste Werth und der höchste Grad von Wahrscheinlichkeit zuerkannt werden. Allerdings bekämpfen noch jetzt Naturforscher, welche die mystische Annahme von selbstständigen Einzelschöpfungen längst verbannt und den grossen Umwandlungsprocess der Thier- und Pflanzenwelt als durch die Continuität des Lebendigen hindurch vollzogen betrachten, das Darwin'sche Princip der natürlichen Züchtung und die auf die Summirung unzählig kleiner während grosser Zeiträume hindurch wirksamer Einflüsse gestützte, ganz allmählig erfolgte Umbildung der Arten, vermögen aber keine andere Erklärung an die Stelle der verworfenen zu setzen. Gerade die *Selections*theorie liefert den besten Theil des Fundamentes, auf welchem sich die Transmutations- und Descendenzlehre aufbaut. Wie so viele andere der betrachteten Erscheinungen des Naturlebens, so steht vor Allem das Gesetz fortschreitender Vervollkommnung im besten Einklang mit der *Selections*theorie. Auch die natürliche Zuchtwahl, welche durch Erhaltung und Verstärkung vortheilhafter Eigenschaften wirksam ist, wird im Grossen und Ganzen einer fortschreitenden Differenzirung und Gliederung der Organe (Arbeitstheilung), da dieselbe dem Organismus im Kampfe um die Existenz besondern Nutzen gewährt, also der Vervollkommnung entgegenstreben. Man wird die Fortbildung zu höheren Typen wenigstens bis zu einem bestimmten Grade schon aus dem Nützlichkeitsprincip der natürlichen Züchtung abzuleiten im Stande sein, ohne mit Nägeli zu der dunkeln Vorstellung einer unerklärbaren Vervollkommnungs*tendenz* des Organismus seine Zuflucht nehmen zu müssen. Vielmehr wird gerade nicht selten ein Beharren auf gleicher Stufe, ja selbst ein Rückschritt zu vereinfachter Organisation (rudimentäre Organe, regressive Metamorphose) als den besondern Lebens- und Concurrenzbedingungen entsprechend, oder im erstern Falle der Mangel nützlicher Abänderungen als Hinderniss der Fortbildung gedacht werden können. Daher ist es kein Widerspruch zu dem Vervollkommnungsbestreben der natürlichen Zuchtwahl, wenn wir eine Anzahl von Rhizopoden, Molluscen und Crustaceen wie die Gattungen *Lingula, Nautilus, Limulus* von sehr alten Formationen an durch alle geologischen Zeitepochen hindurch bis in die Gegenwart fast unverändert erhalten finden. Ebenso wenig wird man den Einwurf erheben können, dass unter jener Voraussetzung die niedern Typen längst unterdrückt und erloschen sein müssten, während doch factisch in allen Classen niedere und höhere Gattungen vorkommen und die am tiefsten stehenden Organismen in ganz ausserordentlichem Formenreichthum verbreitet sind. Gerade die grosse Mannichfaltigkeit der Organisationsabstufungen bedingt und unterhält die möglichst reiche Entfaltung des Lebens, in welchem alle

Glieder, niedere und hohe, ihren eigenthümlichen Ernährungs- und Lebensbedingungen am besten angepasst, einen besondern Platz relativ vollkommen auszufüllen und im gewissen Sinn zu behaupten vermögen. Selbst die einfachsten Gebilde nehmen im Haushalte der Natur eine Stellung ein, welche durch keine anderen Organismen zu ersetzen ist und für die Existenz zahlloser höherer Stufen als Bedingung erscheint. Einige Forscher, welche zwar den genetischen Zusammenhang der ganzen Schöpfung und die Mitwirkung der alten Arten bei der Bildung von neuen Arten zugestehn, haben die allmählige und durch unmerkliche Abstufungen erfolgte Umwandlung der Arten vornehmlich desshalb zurückweisen wollen, weil wahrscheinlich seit der diluvialen Periode — und sie berufen sich vornehmlich auf die Identität der von der diluvialen Alpenflora abstammenden Pflanzenwelt der Hochgebirge mit der Islands und Grönlands — sicher aber seit Beginn der menschlichen Geschichte keine einzige neue Art entstanden sei. Dieser Einwurf lässt jedoch nicht nur die in der That verschiedene höhere Thierwelt des Diluviums und der Jetztzeit ausser Acht, sondern verlangt von der natürlichen Züchtung während der ganz kurzen Zeitperiode von ein Paar Jahrtausenden Erfolge, wie sie nach Darwin's Lehre erst in ungleich grösseren Zeitperioden hervortreten können. Dass seit Beginn menschlicher Geschichte überhaupt keine Veränderungen wenigstens bis zur Bildung merklicher Varietäten stattgefunden hätten, wird wohl schon mit Rücksicht auf die Umgestaltungen der Hausthiere und Culturpflanzen Niemand im Ernste behaupten wollen. Auch kann ebensowenig die von derselben Seite (O. Heer [1]) vorgebrachte Behauptung, dass die Zeit des Verharrens der Arten in bestimmter Form eine ungleich grössere als die Zeit der Ausprägung zu einer neuen gewesen sein müsse, gegen die allmählige Umwandlung und zu Gunsten einer in ihren Bedingungen ganz dunkeln »plötzlichen Umprägung« benutzt werden. Darwin's Lehre behauptet ja gar nicht, was ihr O. Heer unterschiebt, eine ununterbrochene, immer gleich-

---

1) O. Heer, Die tertiäre Flora der Schweiz, sowie Die Urwelt der Schweiz. Zürich 1865. p. 601. Wer dem Einwand eine Bedeutung zollt, dass seit Beginn der menschlichen Geschichte keine neuen Arten entstanden und die Säugethiermumien Aegyptens die jetzt lebenden Arten ganz unverändert repräsentiren, dem mag mit Fawzett die Frage vorgelegt werden, »ob sich der Montblanc und die übrigen Alpengipfel, weil sie seit 3000 Jahren genau dieselbe Höhe wie gegenwärtig einnehmen, niemals früher langsam gehoben haben, und ob desshalb auch die Höhe anderer Gebirge in andern Weltgegenden seit jener Zeit keine Veränderung erfahren haben können«.

Bei vielen und ausgezeichneten Forschern hat offenbar die Beschränktheit des Zeitbegriffes Anstoss an Darwin's Lehre gegeben. Dies gilt auch für die Entstehungsweise der Triebe bei Insecten, über die z. B. Heer sagt: »dass die Triebe nicht angelernt, sondern angeboren, vom Schöpfer in sie gelegt sind, zeigt am besten die Thatsache ihrer Unveränderlichkeit«. Aber wahrlich, heisst das nicht mit dem Worte *Thatsache* Spiel treiben, und noch dazu auf einer Seite, die so gern und mit Stolz die *Exactheit* ihrer Methode gegen die Descendenzlehre vorschützt? Woher weiss man denn so bestimmt, dass die Triebe nicht fortbildungsfähig sind? Dass H. zu diesem *Glauben* gelangt, beweisst nur die geringe Neigung, sehr grosse und weit über das Diluvium hinausgehende Zeiträume zu verwerthen.

mässig fortgehende Umwandlung der Arten, sondern genau mit Heer übereinstimmend, dass die Zeiträume, in welchen die Arten unverändert bleiben, unverhältnissmässig gross zu denen sind, in welchen sie durch den natürlichen Züchtungsprocess zu Varietäten und neue Arten umgestaltet werden. Nichts kann nach Darwin erreicht werden, bevor nicht vortheilhafte Abänderungen vorkommen, die freilich nur in allmähliger Steigerung den sehr langsamen Process der Umbildung einleiten, »der blosse Verlauf der Zeit an und für sich thut nichts für und nichts gegen die natürliche Zuchtwahl«. »Obwohl jede Art zahlreiche Uebergangsstufen durchlaufen haben muss, so ist es wahrscheinlich, dass die Zeiträume, während deren eine jede der Modification unterlag, zwar bedeutend und nach Jahren gemessen lang, aber mit den Perioden verglichen, in denen sie unverändert geblieben, kurz gewesen sind«.

Zurückweisung einer sprungweise fortschreitenden Entwicklung.

Obwohl wir die mannichfachen und grossen Schwierigkeiten nicht unterschätzen, mit denen die Durchführung der Selectionstheorie zu kämpfen hat, so dürfen wir uns doch um so mehr berechtigt halten, in dem langsamen und allmähligen Umbildungsprocess der natürlichen Zuchtwahl die einzige gut gestützte Erklärung des Artenwechsels zu erkennen, als zur Widerlegung derselben keine Thatsache geltend gemacht werden kann. Freilich gestehen wir gern zu, dass auch die natural selection nicht ausreicht, um für sich allein die grosse Reihe von Umgestaltungen, welche die organische Welt in progressiver Entwicklung von den ersten dunkeln Anfängen gleichartiger und niederer Lebewesen bis zu der unendlichen und gesetzmässigen Mannichfaltigkeit so hoch entwickelter Organisationstypen erfahren hat, vollkommen zu erklären. Jedenfalls aber wirkte sie stets als wesentlicher Factor, gestützt auf Vorgänge des Naturlebens, deren Wirkung wir im Kleinen und in zeitlicher Beschränkung zu verfolgen vermögen. Die auf dieselbe gegründete Theorie ist nichts anderes ***als eine Anwendung des grossen Gesetzes von der Summirung verschwindend kleiner aber während grosser Zeiträume fortgesetzt wirksamer Einflüsse zu einem bedeutenden und gewaltigen Gesammteffekt.*** Sie enthält gewissermassen die Verwerthung des Differentials in der Biologie und rechnet mit verschwindend kleinen Abänderungen, welche in stetiger Aufeinanderfolge sich wiederholend, in Verbindung mit andern Faktoren eine endliche und bedeutende Wirkung resultiren lassen. Immerhin bleibt daneben die Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit, dass auch noch auf anderem Wege, vielleicht in mehr direkter Weise und rascherm Verlaufe vornehmlich auf dem Gebiete der niedern Organismen neue Arten aus andern hervorgegangen sind. In einzelnen Fällen mögen durch Bastardirung Zwischenformen mit ungestörtem Generationssystem und dauerndem Fortbestande aufgetreten sein. Möglicherweise hat auch ein Entwicklungsprocess an der Entstehung der Arten Antheil, zu welchem die erst neuerdings bekannt gewordenen Fälle von Heterogonie eine Parallele bieten. Dagegen sind wir nicht im Stande, für so sprungweise bewirkte

Umgestaltungen, wie sie Kölliker[1]) auf Grund des Generationswechsels annimmt, Wahrscheinlichkeitsgründe von irgend erheblicher Bedeutung beizubringen. Natura non facit saltum. Wir vermögen für diese Art des plötzlichen Ueberganges abweichender Gestaltungstypen um so weniger ein Verständniss zu gewinnen, als sich dieselbe auf die Voraussetzung eines »Entwicklungsplanes« oder »Vervollkommnungsprincipes etc. der Organismen« stützt. Dazu kommt, dass wir für die Entstehungsweise des Generationswechsels sowohl wie der Heterogenie kaum eine andere Erklärung finden, als die allmählige und langsam erfolgte vortheilhafte Anpassung der Organisation an bedeutend abweichende Lebensbedingungen, nur das Endziel würde plötzlich und in scheinbarem Sprunge die Auflösung des verschiedene Generationen in gesetzlicher Folge umfassenden Formencomplexes in bedeutend differente, verschiedenen Ernährungs- und Lebensverhältnissen entsprechende Arten oder Gattungen sein. Es ist eine grosse Illusion zu glauben, mit Hülfe des Generationswechsels und der Heterogenie zu einer die natural selection auch nur entfernt ersetzenden Erklärung zu gelangen; diese Formen der Entwicklung bedürfen ja selbst der Erklärung und finden dieselbe in der That bis zu einem bestimmten Grade in dem Princip der Summirung verschwindend kleiner Abänderungen mit Hülfe der Zuchtwahl.

Unvollständigkeit der Erklärung.

Wenn wir aber auch, der mannichfachen Schwierigkeiten eingedenk, die Selectionstheorie zur Erklärung der grossen Metamorphose, die sich in der organischen Natur während des Verlaufs unendlich grosser Zeitperioden vollzogen hat, nicht vollständig ausreichend erachten, so werden wir sie doch zur Erklärung zahlreicher Umformungen und Anpassungen, als eine wohl und sicher begründete Lehre anzuerkennen haben. Wir werden alsdann um so weniger vergessen dürfen, dass uns durch die Selections- und Transmutationstheorie doch nur ein kleiner Theil der Räthsel des organischen Lebens

---

1) Kölliker, Ueber die Darwin'sche Schöpfungstheorie. Leipzig. 1864. Sicher ist die Vorstellung ungleich besser begründet, den Generationswechsel ähnlich wie die Entwicklung mittelst Metamorphose als Recapitulation eines langsamen und allmähligen Entwicklungsprocesses der Arten aufzufassen, als denselben auf eine plötzliche und sprungweise erfolgte, im Plane der Entwicklung gelegene Fortbildung zurückzuführen und uns nach Analogie desselben die plötzliche Erzeugung weit höher organisirter Arten zu denken. Eher würden wir die plötzlich und sprungweise erfolgte Rückbildung niederer Typen nach dem Vorgange des Generationswechsels für möglich halten können, indem die Amme zum Geschlechtsthier wird, anstatt der Keime Eier und Samenfäden producirt und die Continuität mit der höhern Generation aufgibt. Nicht glücklicher scheint derselbe Autor in seiner zweiten Schrift »Morphologie und Entwicklungsgeschichte des Pennatulidenstammes nebst allgemeinen Betrachtungen zur Descendenzlehre. Frankfurt. 1872« gewesen zu sein. Was derselbe an die Stelle des Selectionsprincipes zu setzen sich bemüht, ist nicht im entferntesten einer Theorie auch nur ähnlich, da allgemeine Analogien des selbst einer Erklärung bedürftigen Generationswechsels sowie der Heterogonie nichts beweisen, geschweige denn erklären.

befriedigend gelöst wird. Gelingt es auch, an die Stelle der früheren Vorstellung von wiederholten Sonderschöpfungen den natürlichen Entwicklungsprocess zu stellen, so bleibt doch das erste Auftreten der niedersten Organismen zu erklären, für das wir bis jetzt nichts anderes als die thatsächlich so schlecht gestützte Hypothese der Urzeugung haben, es bleibt vor Allem der bestimmte Weg zu erklären, den die sich complicirter gliedernde und höher entwickelnde Organisation durch alle Stufen des natürlichen Systems hindurch genommen hat. Neben so vielen wunderbaren Erscheinungen der Organismenwelt, wie unter andern auch der Herkunft des Menschen [1]) während der Diluvial- oder jüngern Tertiärzeit, stehen wir hier vor einem Räthsel, dessen Lösung zukünftiger Forschung vorbehalten bleibt.

1) Der Mensch befindet sich nicht etwa in der Lage, für sich das Vorrecht eines Ausnahmefalles geltend machen und sein Auftreten als das Resultat eines besondern Schöpfungsaktes betrachten zu können. Seitdem die Naturwissenschaft die Erforschung der Urgeschichte des Menschen in die Hand genommen hat, ist der alten Tradition über den Ursprung des Menschen und die Zeit seiner Existenz jeder Boden entzogen. Mit den Hülfsmitteln und der Methode, wie sie uns Geologie, Paläontologie und Anatomie darbieten, ist mit aller Sicherheit nachgewiesen worden, dass der Mensch schon zur alten Diluvialzeit mit dem Elephanten, Mammuth, Rhinoceros und Flusspferd im südlichen und westlichen Europa zusammen lebte. Ueber seine primitiven, möglicherweise in der Tertiärzeit aufzusuchenden Urahnen ist uns jedoch bislang kein irgendwie zuverlässiger Aufschluss zu Theil geworden.

